

**Soziologische und ökologische Untersuchungen
auf Kalkschiefern in hochalpinen Gebieten**

TEIL II

**Die Ökologie
der alpinen Kalkschieferschuttgesellschaften**

B. Tollitsch

1966

1. Berichterstatter: Professor Dr. H. Merxmüller

2. Berichterstatter: Professor Dr. L. Brauner

Tag der mündlichen Prüfung: 27. Juli 1966

**Soziologische und ökologische Untersuchungen
auf Kalkschiefern in hochalpinen Gebieten**

TEIL II

**Die Ökologie
der alpinen Kalkschieferschuttgesellschaften**

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DES DOKTORGRADES
DER NATURWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT
DER LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT ZU MÜNCHEN

vorgelegt von
Bertram Zollitsch
aus
München

München 1966



Inhalt

	Seite
A. Einleitung	1
B. Methodik	3
1. Methodik und Auswertung der Standortsuntersuchungen	3
2. Methodik der Bodenanalysen	3
3. Auswertung der Bodenanalysen	5
4. Methodik der Kulturversuche	5
5. Messen und Auswertung der Kulturversuche	7
C. Die Ökologie der Gesellschaften des <i>Drabion hoppeanae</i> Zollitsch 1966	8
I. Beschreibung der Assoziationen	8
1. <i>Saxifragetum biflorae</i> Zollitsch 1966	8
2. <i>Campanulo-Saxifragetum</i> Oberd. 1959 em. Zollitsch 1966	9
3. <i>Drabo-Saxifragetum</i> Br.-Bl. 1949 em. Zollitsch 1966	10
4. <i>Trisetetum spicati</i> Oberd. 1959 em. Zollitsch 1966	12
5. <i>Herniarietum alpinae</i> prov.	13
II. Vergleich der Assoziationen miteinander	15
III. Vergleich der Gesellschaften des <i>Drabion hoppeanae</i> mit den Gesellschaften des <i>Thlaspeion rotundifolii</i> und des <i>Androsacion alpinae</i>	18
D. Ökologisches und physiologisches Verhalten einiger für <i>Drabion hoppeanae</i> -Gesell- schaften charakteristischer Arten in Bezug auf den pH-Wert des Substrates	22
1. <i>Androsace alpina</i> (L.) Lam.	22
2. <i>Arabis caerulea</i> All.	23
3. <i>Arabis corymbiflora</i> Vest.	24
4. <i>Arabis pumila</i> Jacq.	24
5. <i>Artemisia genipi</i> Weber	25
6. <i>Artemisia mutellina</i> Vill.	26
7. <i>Braya alpina</i> Sternbg. & Hoppe	28
8. <i>Campanula cenisia</i> L.	29
9. <i>Campanula cochleariifolia</i> Lam.	30
10. <i>Cerastium uniflorum</i> Clairv.	32
11. <i>Draba aizoides</i> L.	33
12. <i>Draba dubia</i> Suter	34
13. <i>Draba hoppeana</i> Rehb.	35
14. <i>Gentiana nana</i> Wulf.	35
15. <i>Hutchinsia alpina</i> R. Br.	36
16. <i>Hutchinsia brevicaulis</i> Hoppe	38
17. <i>Kobresia myosuroides</i> (Vill.) Viv. & Pall.	39
18. <i>Linaria alpina</i> (L.) Mill.	42
19. <i>Pedicularis asplenifolia</i> Flörke	43
20. <i>Ranunculus glacialis</i> L.	43
21. <i>Salix serpyllifolia</i> Scop.	44
22. <i>Saxifraga biflora</i> All.	44
23. <i>Saxifraga bryoides</i> L.	45
24. <i>Saxifraga oppositifolia</i> L.	45
25. <i>Saxifraga rudolphiana</i> Hornsch.	46
26. <i>Sesleria ovata</i> (Hoppe) Kern.	48
27. <i>Silene nutans</i> L.	48
28. <i>Trisetum spicatum</i> (L.) Richter	49
E. Diskussion	50
F. Zusammenfassung	54
Literaturverzeichnis	55

Vorwort

Im Winter 1960/61 erhielt ich von Herrn Prof. Dr. H. Merxmüller die Anregung, die Vegetations- und Bodenverhältnisse auf Kalkschiefern in der alpinen bis nivalen Stufe der mittleren und östlichen Zentralalpen zu untersuchen. Die Geländearbeiten, bei denen zahlreiche Pflanzengesellschaften aufgenommen und eine Vielzahl von Bodenproben untersucht wurden, führte ich in den Sommern 1961, 1962 und 1963 durch. Im Frühjahr 1963 wurde das Verhalten einiger Pflanzenarten im Kulturversuch bei abgestufter Azidität beobachtet. Aus beruflichen Gründen konnte die Ausarbeitung der Ergebnisse erst jetzt abgeschlossen werden. Wegen des recht erheblichen Umfanges sowie aus drucktechnischen und auch finanziellen Gründen wurde die Arbeit in zwei Teile aufgeteilt, die leider getrennt veröffentlicht werden müssen.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. H. Merxmüller, der mir bei der Durchführung und Auswertung dieser Untersuchungen stets mit Rat und Tat zur Seite stand, möchte ich hiermit meinen ganz besonderen Dank aussprechen. Mein Dank gebührt auch Herrn Prof. Dr. L. Brauner und Herrn Doz. Dr. W. Rau, beide München, die mir die Durchführung der Kulturversuche in einem der Gewächshäuser des Botanischen Institutes München ermöglichten. Herrn Prof. Dr. H. Zöttl, München (z.Z. Caracas, Venezuela), Herrn Prof. Dr. J. Poelt, Berlin (früher München), Herrn Dr. Sebald, Stuttgart-Weilimdorf sowie ganz besonders Herrn Doz. Dr. P. Seibert, München, danke ich für wertvolle Ratschläge. Für Pflanzenbestimmungen schlude ich Dank Herrn Dr. T. Schauer, München (Moose und Flechten), Herrn Prof. Dr. H. Kunz, Basel (Gentiana), Herrn Prof. Dr. J. L. van Soest, Leiden (Taraxacum), Herrn M. Machule, Remscheid (Thymus), Herrn W. Dietrich, München (Carex), sowie Herrn Doz. Dr. D. Podlech, München. Herr Prof. Dr. W. Laatsch, München, gestattete mir die Durchführung von Bodenanalysen in seinem Institut, wofür ich hiermit meinen Dank zum Ausdruck bringen möchte. Auch danke ich meinen Kollegen Herrn Dr. J. Damboldt, Berlin (früher München), Herrn Dr. J. Grau, München, und Herrn W. Lippert, München, für Hilfe und Ratschläge. Der Deutsche Alpenverein, dem mein besonderer Dank gebührt, unterstützte meine Geländearbeiten in großzügiger Weise. Auch der Großglockner-Hochalpenstraßen A.G., die mir eine Ermäßigung bei Fahrten zum Großglockner einräumte, möchte ich hiermit danken. Schließlich, last not least, danke ich meinem Vater, Dr. Ludwig Zollitsch, der mit großer Nachsicht und großem Verständnis diese Arbeit erst ermöglichte und mir stets mit wertvollen Ratschlägen zur Seite stand sowie meiner lieben Frau, die mich auf zahlreichen Exkursionen begleitete und mir auch bei der Auswertung und Zusammenstellung der Ergebnisse zahlreiche Kleinarbeiten abnahm.

Besonders zu Dank verpflichtet bin ich auch dem Verein zum Schutze der Alpenpflanzen und -tiere, insbesondere Herrn Prof. Frhr. v. Pechmann, Tegernsee, und Herrn Oberstlt. a. D. P. Schmidt, München, die mir die Veröffentlichung des II. Teiles dieser Arbeit ermöglichten.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547415_0058

A. Einleitung

Grundlage und Anfang aller pflanzensoziologischen Forschung ist die Analyse der Pflanzenbestände, d. h. von einer bestimmten Fläche werden sämtliche dort wachsenden Pflanzenarten, sowie deren Abundanz, Dominanz, Soziabilität, Vitalität etc. notiert. Aus einer Vielzahl solcher Aufnahmen lassen sich nach rein floristischen Gesichtspunkten bestimmte, mehr oder weniger abstrakte Vegetationstypen als Assoziationen ausgliedern. An Hand zahlreicher solcher Vegetationstypen kann dann ein System der Pflanzengesellschaften aufgestellt werden. Wenn somit auch nach rein floristischen Gesichtspunkten ein gutes und wohl das bestmögliche System der Pflanzengesellschaften aufgestellt werden kann, so darf die pflanzensoziologische Forschung, wenn sie nicht rein beschreibend bleiben will, keineswegs hier stehenbleiben. Die Beschreibung einer Pflanzengesellschaft kann nur dann wirklich von Wert sein, wenn neben der floristischen Analyse auch eine möglichst umfassende Beschreibung der Standortverhältnisse gebracht wird, was seit langem von zahlreichen Forschern gefordert und auch durchgeführt wird. Doch auch dies genügt noch nicht, um das Zustandekommen einer bestimmten Pflanzengesellschaft an einem bestimmten Standort kausal erklären zu können. „Hier können nur Experimente weiterhelfen, mit denen wir übersehbare Teilzusammenhänge herausgreifen“ (Ellenberg 1954). Um die Fragen nach dem Wesen einer Pflanzengesellschaft und den Ursachen der engen Bindung zwischen Pflanzengesellschaften und ihrem Standort zu beantworten, stehen somit drei Mittel zur Verfügung, die einander ergänzen. Nach Ellenberg (1954) sind dies:

1. qualitativ vergleichende Beobachtungen an zahlreichen Pflanzengemeinschaften und ihren Standorten,
2. quantitative Bestimmungen von wichtigen Standortsfaktoren sowie von Eigenschaften und Leistungen der Pflanzen in ihrer natürlichen Umwelt,
3. experimentelle Untersuchungen unter mehr oder minder vereinfachten Bedingungen.

Die beiden ersten Punkte werden in den Lehrbüchern der Pflanzensoziologie (vor allem Braun-Blanquet 1964) eingehend behandelt. Der dritte Punkt wurde bislang in den meisten pflanzensoziologischen Arbeiten sehr vernachlässigt, und so stehen wir „auf diesem Gebiet der kausalen Vegetationsforschung noch ganz am Anfang“ (Ellenberg 1954).

Wie wichtig Experimente für eine kausale Erklärung der Pflanzengesellschaften sind, konnten vor allem Ellenberg (1950, 1952, 1953, 1954, 1957) und Knapp (1953) deutlich aufzeigen. So fand z. B. Knapp (1953), daß *Arnica montana* in der Natur nur in Rasengesellschaften auf stark sauren, nährstoffarmen Böden vorkommt; nach den herkömmlichen Bezeichnungen wäre sie also eine „azidiphile“, „kalkfliehende“ Art. Die Kulturversuche von Knapp ergaben jedoch, daß *Arnica montana* bei Reinkultur auch in nährstoffreichen Böden neutraler bis schwach basischer Reaktion optimal gedeiht, und er folgert daraus, daß „das Fehlen von *Arnica montana* auf neutralen, nährstoffreichen Lehmböden unter natürlichen Bedingungen . . . auf eine Verdrängung durch Arten zurückzuführen sein“ dürfte, „die dort konkurrenzkräftiger sind.“ *Arnica montana* zeigt also hinsichtlich der Reaktion des Substrates deutliche Unterschiede zwischen ihrem ökologischen Verhalten einerseits und ihrem physiologischen Verhalten andererseits. Ähnliche Ergebnisse fand Ellenberg (1952) bei der Kultur von verschiedenen Grasarten bei unterschiedlichem Grundwasserstand. So konnte er z. B. feststellen, daß selbst der „Trockenheitszeiger“ *Bromus erectus* sein physiologisches Optimum bei „einem reichlich mit Wasser versorgten, jedoch nicht völlig vernähten und deshalb im Hauptwurzelbereich noch gut durchlüfteten Boden“ aufweist. Angesichts solcher Ergebnisse fordert Ellenberg (1954) größte Vorsicht mit Ausdrücken wie azidiphil, xerophil u. ä. sowie „im Hinblick auf jeden Standortsfaktor“ eine scharfe Unterscheidung „zwischen dem physiologischen Verhalten einer Pflanze, d. h. ihrer Reaktion in Reinkultur unter sonst gleichen Bedingungen, und ihrem ökologischen Verhalten, d. h. ihrem mehr oder minder häufigen Auftreten im Vegetationsmosaik und unter natürlichen Umweltbedingungen“.

Ein vieldiskutierter, sehr wesentlicher und dabei verhältnismäßig leicht zu bestimmender Standortsfaktor ist die Wasserstoffionenkonzentration des Bodens. Während meiner Geländearbeiten bestimmte ich die pH-Werte zahlreicher Bodenproben. Hieraus ergab sich für eine große Anzahl von Pflanzenarten ihr ökologisches Optimum hinsichtlich der Bodenreaktion ihrer Standorte; daneben konnte die Variationsbreite der pH-Werte von Standortsböden der *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften bestimmt werden. Andere zur Charakterisierung von *Drabion hoppeanae*-Standorten wichtige Faktoren wurden nach Möglichkeit ebenfalls untersucht, wenngleich in wesentlich geringerem Umfang. Von zwölf Arten wurde das physiologische Verhalten im Kulturversuch bei abgestufter Azidität der Nährlösung untersucht.

In den vorliegenden „Soziologischen und ökologischen Untersuchungen auf Kalkschiefern in hochalpinen Gebieten“ wurde versucht, entsprechend den Forderungen bei Ellenberg (1954) die Gesellschaften auf Kalkglimmerschiefern in der alpinen bis nivalen Stufe der mittleren und östlichen Zentralalpen möglichst umfassend zu be-

schreiben und in einigen Punkten auch kausal zu erklären. Nachdem im Teil I dieser Arbeit (Zollitsch, 1966a) die Gesellschaften auf Kalkglimmerschiefern an Hand „qualitativ vergleichender Beobachtungen an zahlreichen Pflanzengemeinschaften“ beschrieben wurden, werden im folgenden die Ergebnisse „qualitativ vergleichender Beobachtungen“ der Standorte „zahlreicher Pflanzengemeinschaften“ sowie „quantitativer Bestimmungen von wichtigen Standortsfaktoren“ und schließlich „experimenteller Untersuchungen unter mehr oder minder vereinfachten Bedingungen“ gebracht (Zitate nach Ellenberg 1954).

B. Methodik

1. Methodik und Auswertung der Standortsuntersuchungen

Bei jeder Gesellschaftsaufnahme wurden die Höhe, die Exposition und die Neigung des betreffenden Standortes bestimmt und Beobachtungen über die Korngrößenverteilung im Boden, die Zusammensetzung des Gesteins, die Durchfeuchtung des Bodens, die Schneebedeckungsdauer u. ä. durchgeführt.

In Teil I dieser Arbeit (Zollitsch, 1966a) wurden Höhe, Exposition und Neigung jeweils im Kopf der Gesellschaftstabellen angegeben; Angaben über Muttergestein, Feinschuttgehalt, Durchfeuchtung etc. wurden im Anhang der einzelnen Tabellen mit der genauen Ortsbeschreibung der Aufnahmen gebracht.

Bei der ökologischen Beschreibung der *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften wird die Höhenverbreitung der einzelnen Gesellschaften durch eine einfache Kurve wiedergegeben. Dabei wird in der Vertikalen die Meereshöhe und in der Horizontalen die relative Anzahl (größte Anzahl = 100%) der Aufnahmen aus einem bestimmten Höhenbereich (z. B. zwischen 2100 und 2200 m ü. M.) aufgetragen.

Die Exposition, in der die Gesellschaften bevorzugt angetroffen wurden, wird durch ein Kreisdiagramm veranschaulicht. Auch hier werden die Werte für die verschiedenen Himmelsrichtungen durch relative Zahlen wiedergegeben, doch wird hier die Gesamtzahl der Aufnahmen einer Gesellschaft gleich 100% gesetzt, was dem Radius des Kreises entspricht.

Die Hangneigung von Schuttfächen, in denen *Drabion*-Gesellschaften aufgenommen wurden, wird durch ein einfaches Blockdiagramm dargestellt. Dabei wird in der Horizontalen die Neigung in Grad, in der Vertikalen die relative Verteilung der Aufnahmen aufgetragen. Die Anzahl der Aufnahmen, in deren Neigungsbereich die betreffende Gesellschaft am häufigsten beobachtet wurde, wird gleich 100% gesetzt.

Über die übrigen Standortsfaktoren wie Gesteinszusammensetzung, Korngrößenverteilung, Durchfeuchtung etc., von denen keine exakten Untersuchungen vorliegen, werden lediglich die Geländebeobachtungen geschildert.

2. Methodik der Bodenanalysen

Innerhalb der verschiedenen Aufnahmeflächen wurden von mehreren Pflanzenarten Bodenproben entnommen, die jeweils aus den für die betreffende Pflanze physiologisch wirksamen Bodenteilen, also von den Wurzelspitzen der Pflanze, stammten. Die Bodenproben wurden in 50-cm³-Plastik-Weithalsfläschchen mit Schraubverschluß gegeben. Die pH-Werte wurden entweder am gleichen Tag oder spätestens 1 bis 2 Tage nach der Entnahme gemessen. Für die weiteren Analysen wurden die lufttrockenen Bodenproben in den Plastik-Fläschchen bis zum Winter aufbewahrt.

a) pH-Messungen:

Bei der Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration der Bodenproben wurde die in der Bodenkunde allgemein übliche Methode angewandt: 10 cm³ Boden wurden mit 25-cm³-n-KCl-Lösung aufgeschwemmt. Die Verwendung von KCl-Lösung hat gegenüber Wasser den Vorteil, daß hierbei der Suspendierungseffekt auf ein Mindestmaß herabgedrückt wird, d. h. die an Ton- und Humusteilchen adsorbtiv gebundenen H⁺-Ionen werden durch die K⁺-Ionen zum großen Teil ausgetauscht und können so mitgemessen werden („Austauschazidität“). Die Aufschwemmung der Bodenproben wurde mehrmals umgeschüttelt und nach etwa 1 Stunde der pH-Wert mit dem Taschen-pH-Meter Type 54 der WTW GmbH und der „Ingold“ Einstabelektrode Type 450 bestimmt. Die Meßgenauigkeit dieser Apparatur liegt bei $\pm 0,02$ pH-Einheiten. Vor jeder Meßreihe wurde die Elektrode neu geeicht, für niedrige pH-Werte mit Standard-Acetat-Lösung pH 4,62 und für hohe pH-Werte mit Phosphatpuffer pH 8,0. Vor und nach jeder Messung wurde die Elektrode mit destilliertem Wasser gereinigt. Von jeder Bodenprobe wurden 2 Messungen durchgeführt.

b) Bestimmung des Karbonatgehaltes:

Die zu untersuchenden Bodenproben wurden 24 Stunden bei 110° C im Brutschrank getrocknet, anschließend durch ein 1mm-Sieb gegeben und in einer Kolloidmühle fein gepulvert. Der Karbonatgehalt der so vorbehandelten Bodenprobe wurde mit der Apparatur nach Scheibler bestimmt. Dabei wird in einem Entwicklungsgefäß Kohlendioxid mit verdünnter Salzsäure aus den Karbonaten freigemacht; das entwickelte Gas verdrängt eine Meßlösung aus einer U-förmigen Bürette, an der die Menge des entwickelten Kohlendioxids abgelesen werden kann. Unter Berücksichtigung von Temperatur und Luftdruck (nach den Tabellen in Wahnschaffe und Schucht 1924) berechnet man das Gewicht der Kohlensäure. Da unter den kohlensauren Salzen des Bodens Calciumkarbonat bei weitem vorherrscht, wird die ermittelte Menge von Kohlensäure auf Calciumkarbonat umgerechnet. Aus der so ermittelten Menge von Calciumkarbonat und dem Trockengewicht der zur Untersuchung gelangten Bodenprobe wurde der prozentuale Anteil von Calciumkarbonat im Boden errechnet.

c) Bestimmung des Humusgehaltes:

Der Humusgehalt des Bodens kann nicht direkt bestimmt werden, sondern nur über eine Bestimmung des Gehaltes an organischem Kohlenstoff. Die wie bei der Bestimmung des Karbonatgehaltes vorbehandelten Bodenproben wurden mit einer schwefelsauren Kaliumdichromatlösung versetzt, wobei der organische Kohlenstoff des Bodens zu Kohlendioxid oxydiert, das Kaliumdichromat zu Cr(III)sulfat reduziert wird. Die Menge der gebildeten Cr(III)-Ionen wurde photometrisch festgestellt. Aus der Extinktion im Spektralphotometer wurde der Gehalt an organischem Kohlenstoff errechnet. Bei der Berechnung des Humusgehaltes wurde ein Gehalt von 58% Kohlenstoff im Humus angenommen.

d) Bestimmung des Stickstoffgehaltes:

Der Stickstoffgehalt des Bodens wurde nur in einigen wenigen Fällen untersucht, da er für Rohböden wenig aussagekräftig erschien. Die Bestimmungen wurden nach Kjeldahl durchgeführt.

3. Auswertung der Bodenanalysen

a) pH-Messungen:

Nach Abschluß der praktischen Arbeiten standen mir eine große Anzahl von pH-Messungen der Böden verschiedener Gesellschaften bzw. zahlreicher Pflanzenarten zur Verfügung. Die Verteilung bzw. Streuung der pH-Werte von Böden bestimmter Gesellschaften und Pflanzenarten wird in Blockdiagrammen angegeben. Um bessere Vergleichsmöglichkeiten zu bekommen, werden auch hier nur relative Werte aufgetragen. Dabei wird die Zahl der Messungen für einen bestimmten pH-Bereich, der für die betreffende Gesellschaft bzw. Art am häufigsten gemessen wurde, gleich 100% gesetzt. Bei jedem Diagramm wird die Gesamtzahl, der für die betreffende Gesellschaft bzw. Art durchgeführten Messungen angegeben.

b) Bestimmungen des Karbonats-, Humus- und Stickstoffgehaltes:

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden wie die Ergebnisse der pH-Messungen in Blockdiagrammen wiedergegeben.

4. Methodik der Kulturversuche

a) Versuchsanordnung:

Da es sich bei den Versuchspflanzen in der Hauptsache um Rohbodenpflanzen handelte, wurde ein Kulturverfahren gewählt, das am ehesten einem alpinen Schuttstandort gleichkommt, nämlich das Sandkulturverfahren. Im wesentlichen hielt ich mich dabei an die bei Sebal (1956) beschriebene Methode. Anstelle der Mitscherlichgefäße wurden Plastik-Multitopf-Anzuchtplatten und in geringerer Zahl auch Plastik-Schaumstofftöpfe verwendet. Beide zeigten keinerlei Einfluß auf die pH-Konstanz der Nährlösungen. Die Einzeltöpfe der Anzuchtplatten faßten ca. 250 cm³ Sand, die kleinen Schaumstofftöpfe 200 cm³ und die großen Schaumstofftöpfe ca. 500 cm³ Sand. Es wurde reinster Quarzsand von den Korngrößen 1—3 mm verwendet. Sand feinerer Korngrößen hatte sich in Vorversuchen als ungeeignet erwiesen, da dieser leicht zur Verkrustung und Veralgung neigt. Deshalb wurde das oben genannte Gemisch von Sand der Korngrößen 1—3 mm mit einer Schicht Sand der Korngrößen 2—3 mm abgedeckt. Diese Schicht trocknete oberflächlich immer stark aus; so konnten sich keine Algen darauf ansiedeln. Außerdem wurde dadurch die Verdunstung der Nährlösung sehr verringert und somit ein Auskristallisieren der Nährsalze an der Oberfläche unterbunden. Die Versuchstöpfe und Topfplatten wurden in kleine Tonblumentöpfe gestellt, so daß sie gleichsam in der Luft hingen und durch die untere Öffnung keine andere Nährlösung hochgesaugt werden konnte. Der Versuch wurde in einem der Gewächshäuser des Botanischen Institutes München durchgeführt.

b) Nährlösung:

Für die Zusammensetzung der Nährlösung wurde eine Kombination der Nährlösungen nach Knop, v. Crone und Sebal gewählt. Zu 10 l Aqua dest. wurden folgende Nährsalze gegeben:

- 3,5 g K₂HPO₄
- 3,5 g NH₄NO₃
- 2,5 g MgSO₄ · 7 H₂O
- 3,6 g Ca(NO₃)₂ · 4 H₂O
- 2,5 g Ca₃(PO₄)₂
- 0,5 g FeCl₃ · 6 H₂O
- 10 cm³ Hoagland'sche AZ-Lösung

Es entstand so eine vollständige Nährlösung, deren Ionenkonzentrationen in Tab. 1 im Vergleich zu den Nährlösungen nach Knop, v. Crone und Sebald dargestellt sind.

Die Nährlösungen wurden in 10-l-Plastikeimern mit Deckel aufbewahrt.

pH Ionen	Crone Knop Sebald												
	6,5	8,0	7,5	7,0	6,9	6,5	6,0	5,0	4,0	4,0 + K +	3,0		
Ca ⁺⁺	213	244	120			158							
Mg ⁺⁺	49	24	15			24							
K ⁺	386	168	160	860	547	196	157	157	157	157	860	157	
NH ₄ ⁺	—	—	—			79							
Fe ⁺⁺⁺	117	Spur	56			10							
Mn ⁺⁺	—	—	6			—							
NO ₃ [—]	614	910	250			460							
PO ₄ [—]	286	175	380			368							
SO ₄ [—]	474	98	50	98	98	98	374	788	1338	2008	2896	3137	
Cl [—]	—	Spur	30			20							
Summe	2140	1619	1139	2107	1794	1443	1680	2094	2644	3334	4875	4444	

Tab. 1: Zusammensetzung und Vergleich der Nährlösungen in mg/Liter. Die Nährlösung mit pH 6,9 ist die Stammlösung, die mit pH 4,0 + K⁺ die Nährlösung des Kontrollversuchs mit der gleichen Menge Kaliumionen, wie die mit pH 8,0.

c) Abstufung und Konstanthaltung der pH-Werte der Nährlösung:

Für den Versuch wurden 8 pH-Stufen verwendet und zwar: 8,0 / 7,5 / 7,0 / 6,5 / 6,0 / 5,0 / 4,0 / 3,0.

Der pH-Wert der Stammnährlösung lag bei 6,9. Niedrigere pH-Werte wurden durch verdünnte Schwefelsäure eingestellt. Dazu wurde eine Pufferkurve gezeichnet, an der man die benötigte Schwefelsäuremenge für den gewünschten pH-Wert ablesen konnte. Schwieriger waren die pH-Werte zwischen 7,0 und 8,0 einzustellen. CaCO₃ erwies sich als ungünstig, da man davon verhältnismäßig große Mengen benötigt hätte; es wäre so ein Absetzen des (ungelösten) CaCO₃ am Sand nicht zu vermeiden gewesen. Deshalb wurde zur Verringerung der H⁺-Ionenkonzentration in der Nährlösung verdünnte KOH benutzt. Dadurch sollte auch gezeigt werden, daß für das gute oder schlechte Gedeihen einiger Pflanzen bei hohen pH-Werten nicht der Kalk, sondern die geringe H⁺-Ionenkonzentration ausschlaggebend ist. Um aber andererseits zu prüfen, ob nicht die mit der Verringerung der H⁺-Ionenkonzentration steigende K⁺-Ionenkonzentration die Ergebnisse beeinflusst, wurden mit einigen Arten Kontrollversuche bei einem pH von 4,0 und mit der gleichen K⁺-Ionenkonzentration wie bei pH 8,0 durchgeführt. Die Pflanzen verhielten sich jedoch im Kontrollversuch (also bei „pH 4,0 + K⁺ wie pH 8,0“) beinahe ebenso wie die in der normalen Nährlösung mit pH 4,0, und der Unterschied zu den Pflanzen bei pH 8,0 war in beiden Fällen etwa ebenso groß. Die Erhöhung des K⁺-Ionengehaltes im Kontrollversuch bei „pH 4,0 + K⁺ wie pH 8,0“ wirkte also nicht in ähnlicher Weise wie die gleiche K⁺-Ionenkonzentration bei pH 8,0. Um in der Nährlösung mit pH 4,0 die gleiche Menge K⁺-Ionen zu erhalten wie in der Nährlösung mit pH 8,0, mußten zu 10 Litern Nährlösung 1,57 g K₂SO₄ gegeben werden. Dadurch erhöhte sich der SO₄[—]-Ionengehalt von 2007 mg bei der normalen Nährlösung von pH 4,0 auf 2895 mg bei der Nährlösung des Kontrollversuchs mit „pH 4,0 + K⁺ wie pH 8,0“. Das Verhältnis im SO₄[—]-Ionengehalt zwischen pH 8,0 und „pH 4,0 + K⁺ wie pH 8,0“ war $\frac{2895}{98} = 298$. Da von pH 8,0 zu pH 4,0 die

H⁺-Ionenkonzentration um das 10 000fache, die SO₄²⁻-Ionenkonzentration dagegen nur um das 298fache ansteigt, und da, wie Kretschmer, Toth und Bean (1953) feststellten, der Sulfatgehalt des Nährsubstrates geringen Einfluß auf den Sulfatgehalt der Pflanzen und die Aufnahme der anderen Nährstoffe hat, ist das unterschiedliche Wachstum bei hohem und niedrigem pH-Wert mit Sicherheit auf die Änderung in der H⁺-Ionenkonzentration zurückzuführen.

d) Auswahl und Aufzucht der Versuchspflanzen:

Bei der Auswahl der Versuchspflanzen war in erster Linie die Möglichkeit der Beschaffung von Samen sowie deren Keimfähigkeit ausschlaggebend. Vorversuche, in denen die Keimung in pH-Abhängigkeit beobachtet werden sollte, hatten keinerlei wesentliche Ergebnisse gebracht. Deshalb wurde darauf verzichtet und alle Pflanzen gleichmäßig in Gartenerde aufgezogen. Im Sommer 1962 hatte ich von 21 Arten Samen in verschieden großen Mengen gesammelt. Diese wurden im Winter 1962/63 im Freien belassen, so daß sie kräftig durchfrieren konnten. Anfang März 1963 säte ich dann im Gewächshaus des Institutes für Systematische Botanik München das gesamte Samenmaterial aus. Dazu wurden 202 kleine Steingut-Blumentöpfe mit einem Gemisch von feiner Gartenerde und Sand gefüllt und je nach Größe und Art mit 30 bis 150 Samen bestreut. Diese wurden mit einer dünnen Schicht Sand abgedeckt. Die Töpfe standen in großen mit Wasser gefüllten Eternitschalen, so daß Erde und Samen immer feucht waren, aber nicht von oben her gegossen werden mußten. Die höchsten Keimprozente wurden für *Braya alpina* (78%), *Silene nutans* (77%), *Artemisia genipi* (76%) und *Hutchinsia alpina* (74%) festgestellt; noch recht gut keimten die Samen von *Artemisia mutellina* (55%), *Arabis corymbiflora* (45%) und *Draba dubia* (43%); geringere Keimprozente ergaben sich für *Arabis caerulea* (21%), *Veronica aphylla* (20%), *Arabis pumila* (19%), *Draba hoppeana* (17%), *Hutchinsia brevicaulis* (17%) und *Draba aizoides* (16%); nur schlecht oder gar nicht keimten die Samen von *Draba carinthiaca* (10%), *Saxifraga oppositifolia* (8%), *Oxytropis halleri* (5%), *Draba fladnizensis* (4%), *Saxifraga biflora* (2%), *Linaria alpina* (1%), *Gentiana nana* (0,0%) und *Gentiana tenella* (0,0%). Die Jungpflanzen wurden etwa bis zur Ausbildung der ersten Folgeblätter in Gartenerde herangezogen. Beim Umsetzen in den Quarzsand mußten sie vorher sorgfältig gewaschen werden, damit nicht eventuelle Reste der Gartenerde den pH-Wert im Quarzsand bzw. in der Nährlösung verändern konnten.

5. Messen und Auswertung der Kulturversuche

Längenzuwachsmessungen an einzelnen Organen, wie Sebal d (1956) sie machte, wären bei den oft sehr kleinen Alpenpflanzen recht schwierig gewesen. Um aber dennoch die Entwicklung der einzelnen Pflanzen niederlegen zu können, wurde ihr Wachstumsstand im Abstand von 5–10 Tagen geschätzt. Dabei wurden die einzelnen Pflanzen in 6 Kategorien eingeteilt und ihr Wachstumsstand durch eine Zahl bewertet. Die „Note“ 5 bekamen diejenigen Pflanzen, deren Wachstumsstand am besten war, 5 bedeutet also „Wachstumsstand sehr gut“; dementsprechend 4 = gut, 3 = mäßig, 2 = schlecht, 1 = sehr schlecht, und 0 = Pflanze eingegangen. In der Zeit von Ende Mai bis Anfang Juli wurden so alle Pflanzenindividuen 7mal geschätzt und bewertet. Nach Abbruch des Versuchs wurde von jeder Pflanze das Trockengewicht bestimmt.

Von den meisten Arten standen zu Beginn des Versuches zehn Pflanzen pro pH-Stufe zur Verfügung. Da jedoch einige Individuen sämtlicher Arten und aller pH-Stufen bald nach dem Umsetzen — offensichtlich als Folge davon — eingingen, gelangten meist weniger als zehn Pflanzen pro pH-Stufe zur Auswertung. Für die verschiedenen pH-Stufen wurden aus den Einzelwägungen und -schätzungen das arithmetische Mittel errechnet. Außerdem wurden die Mittelwerte in Prozenten angegeben, wobei der größte Wert gleich 100% gesetzt wurde. Auch

die Abbildungen, in denen die Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung graphisch dargestellt werden, geben relative Werte wieder. Der mittlere Fehler eines Durchschnittswertes wurde nur für die Trockengewichte berechnet, und zwar nach der Formel

$$F_m = \sqrt{\frac{f^2}{n \cdot (n-1)}}$$

Dabei ist F_m der zu berechnende mittlere Fehler eines arithmetischen Mittels, f die Abweichung der Einzelwerte vom arithmetischen Mittel und n die Zahl der Einzelwerte.

Um den mittleren Fehler einer Differenz (F_D) zwischen zwei Mittelwertspunkten zu finden, wurde die Wurzel aus der Summe der quadrierten mittleren Fehler der Mittelwerte (F_m) gezogen:

$$F_D = \sqrt{(F_{m1})^2 + (F_{m2})^2}$$

Um eine Differenz zwischen zwei Mittelwerten statistisch zu sichern, wurde der Wert t nach der Formel

$$t = \frac{D}{F_D}$$

berechnet. Dabei ist D die Differenz zwischen den beiden Mittelwerten und F_D der mittlere Fehler der Differenz. Die Differenz gilt als

mit 95% Wahrscheinlichkeit gesichert, wenn $t = 1,96$				
„ 99% „ „ „ „ $t = 2,576$	„	„	„	„
„ 99,9% „ „ „ „ $t = 3,291$	„	„	„	„

ist. Da in einigen Fällen nur 4 oder 5 Individuen pro pH-Stufe zur Auswertung verwendet werden konnten und da ein aus so wenig Zahlen gewonnener Mittelwert kaum zu sichern ist, wurden benachbarte und im Wachstum der Pflanzen kaum unterschiedene pH-Stufen zu einem Mittelwert zusammengezogen. Dadurch wurden die Kurven übersichtlicher und die Differenz der einzelnen Punkte konnte besser gesichert werden.

C. Die Ökologie der Gesellschaften des *Drabion hoppeanae*

I. Beschreibung der Assoziationen

1. *Saxifragetum biflorae* Zollitsch 1966

Das *Saxifragetum biflorae* ist eine Pioniergesellschaft mit geringer Bodenbedeckung; diese liegt, wie in Teil I dargestellt wurde, meist unter 10%. Die typischen Standorte sind Bratschenhänge (vergl. Friedel 1957), Windwurfhalden und Moränenböden, die im wesentlichen aus Kalkglimmerschiefer oder aus einem Gemisch von Kalkglimmerschiefer mit Chloritschiefer u. ä. bzw. aus deren Verwitterungsprodukten aufgebaut werden. Die Beweglichkeit dieser Böden, die meist einen recht hohen Anteil an grusigem und sandigem Material aufweisen, kann zumindest zeitweise recht erheblich sein. Dabei kommt neben dem Wasser auch dem Wind eine große Bedeutung als bewegende Kraft zu. Diese relativ starke Beweglichkeit des Bodens bewirkt eine ständige Erneuerung des Rohbodencharakters. Somit kann das *Saxifragetum biflorae* durchaus als Dauergesellschaft bezeichnet werden.

Die Höhe der meisten Aufnahmen liegen zwischen 2500 und 2700 m (vergl. Abb. 1a, S. 11). Die Gesellschaft scheint südliche bis östliche Exposition zu bevorzugen; jedoch wurde sie auch in westlicher und sogar nordwestlicher Exposition gefunden (Abb. 1b, S. 11). Die Neigung der Aufnahme­flächen schwankt zwischen beinahe eben und 45°; am häufigsten wurden Werte zwischen 5 und 20° gemessen (Abb. 1c, S. 11). Die Schneebedeckung dauert meist recht lange, etwa 8 bis 9 Monate. Der Boden ist durch sickerndes Schmelzwasser ständig gut durchfeuchtet.

Die pH-Werte der untersuchten Böden liegen zwischen 7,7 und 8,6. Wie Abb. 2, S. 11 zeigt, wurden die Werte zwischen pH 8,2 und 8,5 am häufigsten gemessen. Die Gesellschaft scheint also auf Böden basischer Reaktion beschränkt zu sein.

Für die beiden Subassoziationen und ihre verschiedenen Ausbildungen konnten keine unterschiedlichen pH-Werte ihrer Standortsböden gefunden werden. Die Unterschiede in der Ökologie ihrer Standorte sind in erster Linie in der unterschiedlichen Dauer der Schneebedeckung sowie in einem unterschiedlichen Grad der ständigen Durchfeuchtung zu suchen. Wie schon aus der floristischen Zusammensetzung zu schließen ist, apert sind die Standorte der Subassoziation *arabidetosum caeruleae* später aus und sind während der Vegetationsperiode stärker durchfeuchtet.

2. *Campanulo-Saxifragetum* Oberd. 1959 em. Zollitsch 1966

Das *Campanulo-Saxifragetum* zeigt enge Beziehungen zum *Saxifragetum biflorae*. Beides sind typische Pioniergesellschaften grusiger Feinschuttböden, die durch — vor allem physikalische — Verwitterung von Kalkglimmerschiefern entstehen. Da vom *Campanulo-Saxifragetum* nur wenige Aufnahmen vorliegen, können die Angaben über die Ökologie der Standorte nicht durchwegs als für die Assoziation allgemein gültig angesehen werden.

Bis jetzt wurde das *Campanulo-Saxifragetum* in Höhen zwischen 2400 m und 3100 m, mit einer deutlichen Massierung zwischen 2800 und 3000 m beobachtet (vergl. Abb. 3a, S. 11). Eine Bevorzugung einer bestimmten Exposition zeigt das *Campanulo-Saxifragetum* nicht; nur in Nordlagen konnte es noch nicht gefunden werden. Die Neigung der Standorte schwankt zwischen beinahe eben und 40°; am häufigsten wurde eine Neigung von 20—25° gemessen (vergl. Abb. 3b, S. 11).

Die pH-Werte des Bodens liegen zwischen 6,3 und 8,4, bei einem deutlichen Maximum zwischen pH 7,5 und 8,0 (vergl. Abb. 4a, S. 11).

Die in Teil I, Tab. 9 (Zollitsch, 1966a) als Subass. *typicum* bezeichneten Aufnahmen sind die Aufnahmen 16 und 17 der Tab. 1 in Oberdorfer (1959). Da Oberdorfer keine näheren ökologischen Angaben bringt, ist ein Vergleich der Subass. *typicum* mit den Subassoziationen *arabidetosum caeruleae* und *crepidetosum rhaetici* nicht möglich. Die Aufnahmen der Subassoziation *arabidetosum caeruleae* stammen durchweg aus höheren Lagen, als die der Subassoziation *crepidetosum rhaeticae*. Die Standorte der Subassoziation *arabidetosum caeruleae* sind länger schneebedeckt, ständig stärker durchfeuchtet und reicher an grusigem und sandigem Feinschutt, als die der Subassoziation *crepidetosum rhaeticae*.

Einige Bodenproben von Standorten des Subassoziation *arabidetosum caeruleae* wurden auch auf ihren Gehalt an Kalk, Humus und Stickstoff hin untersucht. Die Karbonatsbestimmungen ergaben Werte zwischen 0,9 und 61,8‰ Calciumkarbonat. Wie in Abb. 5a, S. 11 dargestellt ist, zeigten die meisten Bodenproben einen Kalkgehalt zwischen 20 und 30‰. Der Humusgehalt dieser Feinschuttböden ist sehr gering und macht nur zwischen 0,6 und 2,5‰ aus (Abb. 5b, S. 11). Noch wesentlich geringer ist der Gehalt an Stickstoff: die Analysen ergaben Werte zwischen 0,008 und 0,07‰ (vergl. Abb. 5c, S. 11). Das C/N-Verhältnis der Böden ist sehr hoch; es wurden in der Hauptsache Werte zwischen 15 und 30 errechnet, die sonst (unter den Humusböden) nur in extrem sauren Rohhumusböden gefunden werden.

3. *Drabo-Saxifragetum* Br.-Bl. 1949 em. Zollitsch 1966

Wie in Teil I dargelegt wurde, weisen die Aufnahmen des *Drabo-Saxifragetum* teilweise eine recht hohe Bodenbedeckung auf. Das *Drabo-Saxifragetum* ist keine ausgesprochene Pioniergesellschaft wie das *Saxifragetum biflorae* und das *Campanulo-Saxifragetum*, kann aber als typische Dauergesellschaft angesehen werden. Es wurde bisher in Höhen zwischen 2200 und 3000 m beobachtet. Abb. 6a, S. 11 bringt die relative Verteilung der Höhenangaben für die einzelnen Aufnahmen. Wie Abb. 6b, S. 11 zeigt, wurde das *Drabo-Saxifragetum* auf Hängen jeder Exposition gefunden, am häufigsten jedoch in südexponierten Lagen. Die Neigung der Aufnahmeflächen schwankt zwischen fast eben und 40°; das Diagramm (Abb. 6c, S. 11) zeigt ein Maximum bei Werten zwischen 20 und 40°.

Abb. 1 *Saxifragetum biflorae*:

a) Höhenverbreitung b) Exposition c) Neigung

Abb. 2 *Saxifragetum biflorae*: relative Verteilung der in Standortsböden gemessenen pH-Werte; 276 Messungen; 102 Messungen = 100‰

Abb. 3 *Campanulo-Saxifragetum*:

a) Höhenverbreitung b) Neigung

Abb. 4 *Campanulo-Saxifragetum*: relative Verteilung der in Standortsböden gemessenen pH-Werte

a) *Campanulo-Saxifragetum* s. lat.; 238 Messungen; 46 Messungen = 100‰

b) *Campanulo-Saxifragetum arabidetosum caeruleae*; 120 Messungen; 32 Messungen = 100‰

c) *Campanulo-Saxifragetum crepidetosum rhaeticae*; 118 Messungen; 24 Messungen = 100‰

Abb. 5 *Campanulo-Saxifragetum arabidetosum caeruleae*: prozentualer Gehalt der Standortsböden an

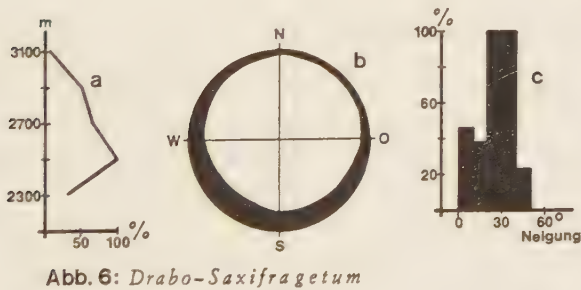
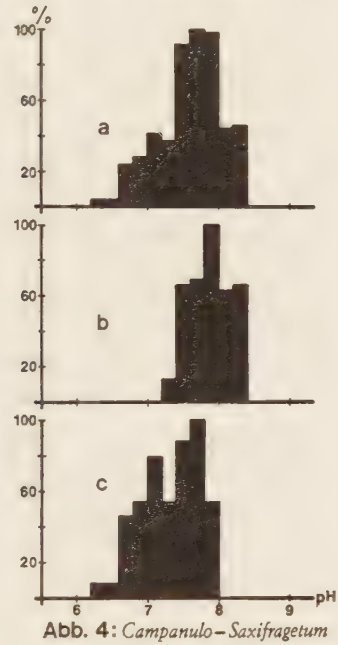
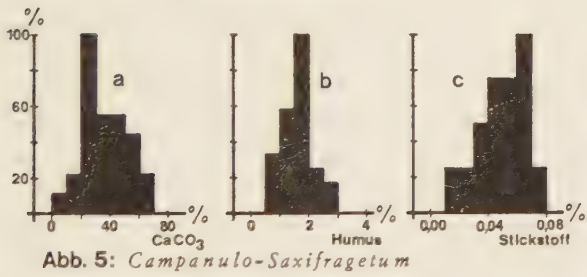
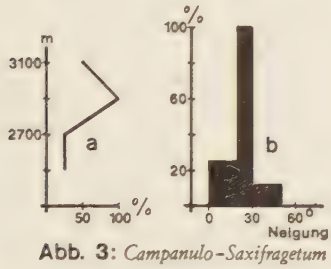
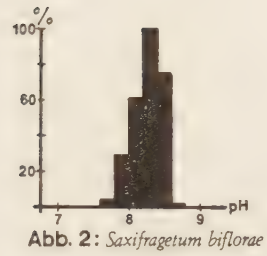
a) Kalziumkarbonat (CaCO_3); 26 Bodenproben; 9 Bodenproben = 100‰

b) Humus; 28 Bodenproben; 12 Bodenproben = 100‰

c) Stickstoff; 15 Bodenproben; 4 Bodenproben = 100‰

Abb. 6 *Drabo-Saxifragetum*:

a) Höhenverbreitung b) Exposition c) Neigung



Das *Drabo-Saxifragetum* besiedelt vorzugsweise Kalkglimmerschiefer-Schutthänge mit hohem Feinschuttgehalt und relativ geringer Beweglichkeit. Die Schneebedeckungsdauer ist unterschiedlich; im Durchschnitt beträgt sie etwa 7—9 Monate. Der Boden ist meist gut durchfeuchtet, jedoch in geringerem Maße als beim *Saxifragetum biflorae*.

Innerhalb der Aufnahmeflächen des *Drabo-Saxifragetum* wurden von zahlreichen Pflanzen Bodenproben entnommen, deren pH-Wert bestimmt wurde. Abb. 7a, S. 14 zeigt die relative Verteilung dieser 1088 Messungen. Die Extremwerte liegen bei pH 4,8 und 8,8, ein deutliches Maximum zwischen pH 7,6 und 8,2. Der Anteil der Messungen von Bodenproben mit einem pH-Wert von niedriger als 6,8 ist, wie aus Abb. 7a, S. 14 klar zu ersehen ist, sehr gering. Er beträgt, bezogen auf die Gesamtzahl der Messungen nur knapp 7%. Werte unter pH 6,5 wurden nur in Böden der typischen Ausbildung der Subassoziaton *kobresietosum myosuroidis* und in der Ausbildung mit *Salix herbacea* der Subassoziaton *arabidetosum caeruleae* gemessen.

Abb. 7b—d, S. 14 bringt im Vergleich die relative Verteilung der gemessenen pH-Werte von Böden der typischen Subassoziaton (Abb. 7b), der typischen Ausbildung der Subassoziaton *arabidetosum caeruleae* (Abb. 7c) und der typischen Ausbildung der Subassoziaton *kobresietosum myosuroidis* (Abb. 7d). Die Böden der typischen Subassoziaton zeigen sehr einheitliche Reaktion: die gemessenen Extremwerte schwanken nur um 11 Zehntel pH-Einheiten; das Maximum liegt zwischen pH 7,8 und 8,4. Für die typische Ausbildung der Subassoziaton *arabidetosum caeruleae* ergibt sich ein breiteres Maximum (zwischen pH 7,4 und 8,2), die Extremwerte liegen bei pH 6,5 und 8,6; der Schwankungsbereich zwischen den Extremwerten ist also etwa doppelt so groß wie bei der Subassoziaton *typicum*. Das Diagramm für die typische Ausbildung der Subassoziaton *kobresietosum myosuroidis* zeigt ein verhältnismäßig enges Maximum (zwischen pH 7,6 und 8,2), jedoch einen recht weiten Schwankungsbereich zwischen den Extremwerten; diese liegen bei pH 5,2 und 8,6. Die Subassoziaton *kobresietosum myosuroidis* ist reich an aus Rasengesellschaften übergreifenden Arten. Diese bedingen eine stellenweise stärkere Ansammlung von organischer Substanz im Boden, die ihrerseits eine Neutralisierung des Kalkes und somit eine neutrale bis schwach saure Reaktion des Bodens zur Folge hat. Von der Subassoziaton *saxifragetosum bryoidis* liegen leider keine pH-Messungen der Böden vor.

4. *Trisetetum spicati* Oberd. 1959 em. Zollitsch 1966

Das *Trisetetum spicati* zeigt enge Beziehung zum *Drabo-Saxifragetum*, ähnlich wie das *Saxifragetum biflorae* zum *Campanulo-Saxifragetum*. Auch das *Trisetetum spicati* ist, wie das *Drabo-Saxifragetum*, keine typische Pioniergesellschaft. Der Grad der Bodenbedeckung kann auch hier recht erheblich sein (bis 90%), doch liegt das Maximum in diesem Fall deutlich bei Werten unter 20% (vergl. Teil I, Abb. 10). Im Gegensatz zum *Drabo-Saxifragetum* bevorzugt das *Trisetetum spicati* etwas trockenere Standorte, die auch früher ausapern; die Schneebedeckung dauert hier selten länger als 7 Monate. Dies kommt auch dadurch zum Ausdruck, daß keine Übergänge zu Schneebodengesellschaften und somit keine Subassoziaton *arabidetosum caeruleae* beobachtet werden konnten.

Das *Trisetetum spicati* wurde am häufigsten in Höhen zwischen 2500 und 2700 m gefunden (vergl. Abb. 8a, S. 14). Die meist südexponierten (vergl. Abb. 8b, S. 14) Schutthänge wechselnder Neigung (Abb. 8c, S. 14) sind reich an grusigem und sandigem Material. Oft wird die Physiognomie der Standorte durch plattigen Schutt oder grobe Blöcke bestimmt. Entscheidend für den Pflanzenbewuchs ist jedoch der hohe Gehalt an Feinschutt, der auch hier von Kalkglimmerschiefern gebildet wird.

Das Diagramm der relativen Verteilung der im Boden des *Trisetetum spicati* gemessenen pH-Werte (Abb. 9a, S. 14) ergibt ein ähnliches Bild, wie das für das *Drabo-Saxifragetum* (vergl. Abb. 7a, S. 14): ein deutliches Maximum zwischen pH 7,6 und 8,0, Extremwerte bei pH 4,5 und 8,7. Niedrigere Werte als pH 6,2 wurden nur in Böden der Subassoziation *saussureetosum alpinae* gemessen. Die Ergebnisse der Messungen für die typische Subassoziation (Abb. 9b, S. 14) zeigen einen recht engen Schwankungsbereich; Werte unter pH 7,0 wurden hier nicht gemessen.

5. *Herniarietum alpinae* prov.

Von dieser Gesellschaft liegen leider nur drei Aufnahmen vor. Davon stammen zwei aus den südlichen Zillertaler Alpen und eine aus dem Wallis. Die ökologischen Verhältnisse dieser drei Standorte zeigen dennoch große Übereinstimmung: die Neigung der Aufnahmeflächen beträgt in jedem Fall 40°, bei südlicher bis südöstlicher Exposition und einer Höhe zwischen 2480 und 2640 m. Alle drei Aufnahmen stammen von Kalkglimmerschiefer-Schutthalden mit stellenweise sehr hohem Gehalt an sandigem Material. Die Beweglichkeit des Schuttes ist relativ groß. Der Boden kann zeitweise stärker austrocknen und apert früh aus.

Bei der Bestimmung der pH-Werte des Bodens wurden am häufigsten Werte zwischen pH 7,2 und 7,8 gemessen; die Extremwerte liegen bei pH 5,7 und 8,1. Niedrigere Werte als pH 7,0 wurden nur sehr selten gemessen (vergl. Abb. 10, S. 14).

Von allen drei Aufnahmeflächen wurden auch Bodenproben entnommen, von denen der Kalk- und Humusgehalt bestimmt wurde. Die Ergebnisse der Karbonatbestimmung (vergl. Abb. 11a, S. 14) schwanken zwischen 8,8 und 54,4‰; der Schwankungsbereich für die einzelnen Aufnahmen ist ähnlich weit. Die Humusbestimmungen bestätigen die Geländebeobachtungen: der Boden ist sehr arm an organischer Substanz. Wie Abb. 11b, S. 14 zeigt, wurden Werte zwischen 1 und 3‰ am häufigsten gefunden; die Extremwerte sind 0,8 und 6,3‰.

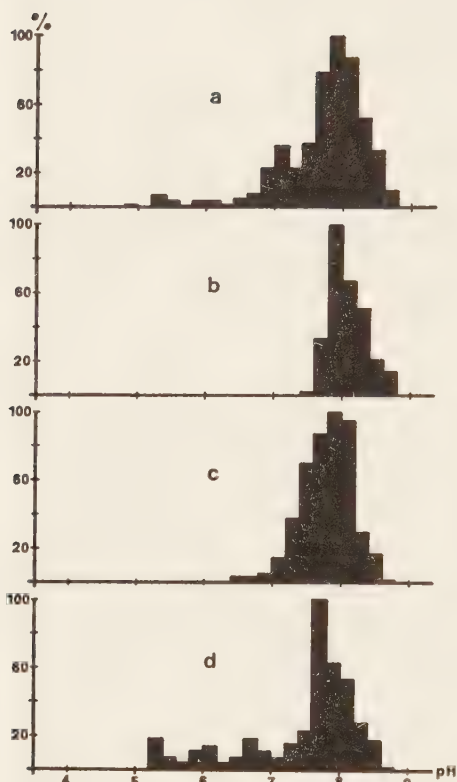


Abb. 7: *Drabo-Saxifragetum*

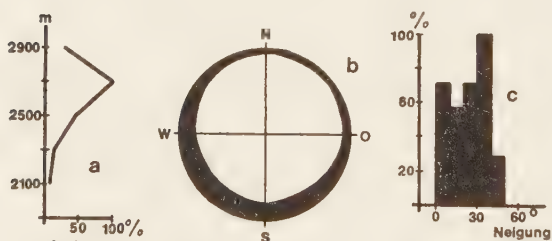


Abb. 8: *Trisetetum spicati*



Abb. 9: *Trisetetum spicati*



Abb. 10: *Herniarietum alpinae*

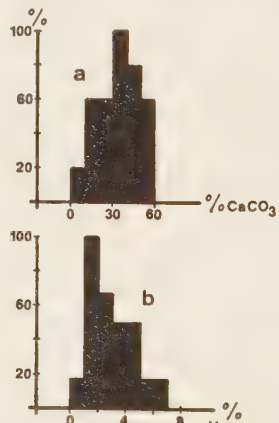


Abb. 11: *Herniarietum alpinae*

II. Vergleich der Assoziationen miteinander

Die floristischen Unterschiede zwischen den 5 Assoziationen des *Drabion hoppeanae*, wie sie in Teil I (Zollitsch, 1966a) dargestellt wurden, treten wesentlich deutlicher in Erscheinung als die ökologischen, da diese auf relativ schwierig zu bestimmenden Faktoren beruhen.

Die Höhen-, Expositions- und Neigungsdiagramme für die einzelnen Assoziationen zeigen kaum wesentliche Unterschiede. Als Gesellschaften der alpinen bis nivalen Stufe wurden sie alle im wesentlichen in Höhen zwischen 2400 und 2800 m gefunden. Das *Drabo-Saxifragetum*, das *Trisetetum spicati* und das *Herniarietum alpinae* scheinen südexponierte Lagen zu bevorzugen. Doch kann diesen Ergebnissen keine große Bedeutung zugemessen werden, da die Gesellschaften vereinzelt auch in jeder anderen Exposition beobachtet werden konnten und auch die Neigung der Hänge sehr unterschiedlich war.

Auch die Wasserstoffionenkonzentration der Böden kann nicht als differenzierender Faktor zwischen den Assoziationen des *Drabion hoppeanae* angesehen werden, wie aus Abb. 12 Seite 17 zu ersehen ist. Es sind zwar gewisse Unterschiede zu erkennen, z. B. wurden nur im *Drabo-Saxifragetum*, im *Trisetetum spicati* und in geringem Maße auch im *Herniarietum alpinae* Werte unter pH 6,0 gemessen, und die Maxima liegen im Extremfall (*Saxifragetum biflorae* und *Herniarietum alpinae*) um 8 Zehntel pH-Einheiten verschoben, doch kann hieraus nicht auf grundsätzlich verschiedene Ansprüche der Gesellschaften an die Reaktion des Bodens geschlossen werden.

Die Anzahl der Karbonat-, Humus- und Stickstoffbestimmungen reicht nicht aus, um vergleichende Aussagen über die Ansprüche der Assoziationen an diese Bodenfaktoren machen zu können.

Abb. 7 *Drabo-Saxifragetum*: relative Verteilung der in Standortsböden gemessenen pH-Werte

- a) *Drabo-Saxifragetum* s. lat.; 1088 Messungen; 213 Messungen = 100%
- b) *Drabo-Saxifragetum typicum*; 124 Messungen; 43 Messungen = 100%
- c) typische Ausbildung des *Drabo-Saxifragetum arabidetosum caeruleae*; 356 Messungen; 22 Messungen = 100%
- d) typische Ausbildung des *Drabo-Saxifragetum kobresietosum myosuroidis*; 228 Messungen; 57 Messungen = 100%

Abb. 8 *Trisetetum spicati*:

- a) Höhenverbreitung b) Exposition c) Neigung

Abb. 9 *Trisetetum spicati*: relative Verteilung der in Standortsböden gemessenen pH-Werte

- a) *Trisetetum spicati* s. lat.; 699 Messungen; 160 Messungen = 100%
- b) *Trisetetum spicati typicum*; 178 Messungen; 48 Messungen = 100%

Abb. 10 *Herniarietum alpinae*: relative Verteilung der in Standortsböden gemessenen pH-Werte; 166 Messungen; 52 Messungen = 100%

Abb. 11 *Herniarietum alpinae*: prozentualer Gehalt der Standortsböden an

- a) Kalziumkarbonat (CaCO_3); 19 Bodenproben; 5 Bodenproben = 100%
- b) Humus; 19 Bodenproben; 6 Bodenproben = 100%

Die Standorte, auf denen es zur Ausbildung der Gesellschaften des *Drabion hoppeanae* kommt, unterscheiden sich also nur wenig in den Faktoren, die hier exakt bestimmt wurden. Die Unterschiede liegen unter anderem vor allem im Wasserhaushalt der Böden, in der Schneebedeckungsdauer, in der Beweglichkeit des Schuttes, sowie in geringerem Maße in der Korngrößenverteilung im Boden. Diese Standortfaktoren sind jedoch, wie bereits erwähnt, relativ schwierig exakt zu bestimmen.

Der Grad der ständigen Durchfeuchtung ist in Böden von *Saxifragetum biflorae*-Standorten am höchsten. Ähnlich hoch ist er auch im *Campanulo-Saxifragetum*. Die trockensten Standorte werden vom *Trisetetum spicati* und vom *Herniarietum alpinae* eingenommen. Das *Drabo-Saxifragetum* nimmt eine Mittelstellung ein.

Die Schneebedeckungsdauer zeigt zum Grad der Bodendurchfeuchtung gewisse Parallelen: im Durchschnitt bleibt auf den Standorten des *Saxifragetum biflorae* und des *Campanulo-Saxifragetum* der Schnee am längsten liegen, ähnlich lang auch in der Subassoziation *arabidetosum caeruleae* des *Drabo-Saxifragetum*. Relativ früh apert sind die Standorte des *Trisetetum spicati* und des *Herniarietum alpinae* aus.

Die Schutthänge, auf denen das *Drabo-Saxifragetum* zur Ausbildung gelangt, sind relativ ruhig; eine Bewegung des Schuttes, vor allem des Feinschuttes, wird hier in erster Linie durch Wind hervorgerufen. Stärker bewegt, in diesem Fall vor allem durch oberflächlich fließendes und sickerndes Wasser, aber auch durch Wind, sind Schuttstandorte des *Saxifragetum biflorae* und des *Campanulo-Saxifragetum*. Eine relativ große Beweglichkeit wurde an den Standorten des *Trisetetum spicati* und besonders des *Herniarietum alpinae* beobachtet. Schuttbewegungen können hier sowohl durch Wasser und Wind als auch durch Steinschlag, Wildwechsel u. ä. ausgelöst werden.

Die Standorte des *Saxifragetum biflorae* und des *Campanulo-Saxifragetum* sind vorzugsweise Abwitterungshalden, die mit einer verhältnismäßig dünnen Schicht meist grusigen Feinschutts bedeckt sind. Die Böden von Standorten des *Drabo-Saxifragetum*, des *Trisetetum spicati* und des *Herniarietum alpinae* sind meist tiefgründiger und reicher an vor allem sandigem Feinschutt. Besonders das *Drabo-Saxifragetum* und das *Herniarietum alpinae* wurden öfter auf typischen Windwurfhalden gefunden, das *Trisetetum spicati* dagegen häufiger auf Standorten die stärker von grobem, oft plattigem Schutt durchsetzt waren.

Spezielle Sukzessionsstudien wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt. Die hier beschriebenen Übergänge zwischen verschiedenen Assoziationen gestatten es jedoch, auf die Richtung der Sukzession gewisse Schlüsse zu ziehen. Für eine Schuttgesellschaft gibt es im wesentlichen nur zwei Richtungen der Weiterentwicklung: entweder zu Rasengesellschaften oder zu Schneebodengesellschaften. Beide Entwicklungsrichtungen konnten auch für die Kalkschieferschuttgesellschaften beobachtet werden. Eine Entwicklung zu Schneebodengesellschaften, insbesondere zum *Arabidetum caeruleae*, zeigen die Assoziationen *Saxifragetum biflorae*, *Campanulo-Saxifragetum* und *Drabo-Saxifragetum*, von denen jeweils „schneebodenähnliche Subassoziationen“ (*arabidetosum caeruleae*) beschrieben werden konnten. Übergänge zu Rasengesellschaften

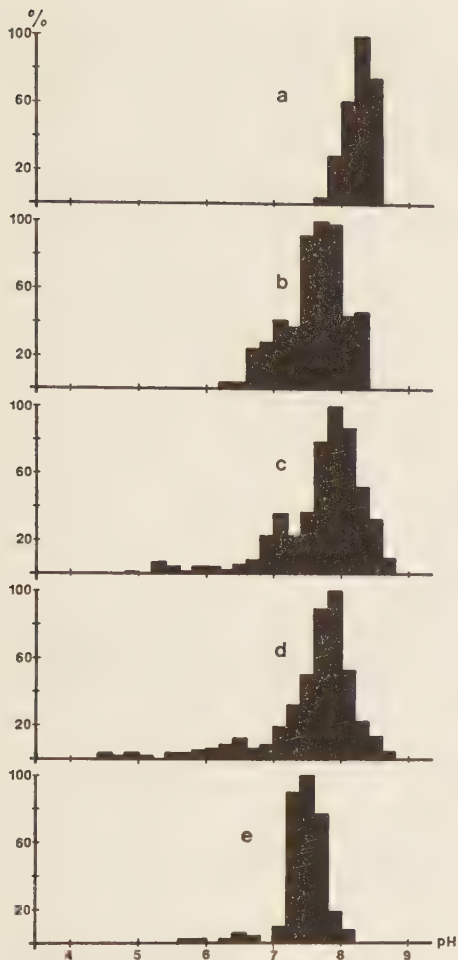


Abb. 12: *Drabion hoppeanae*

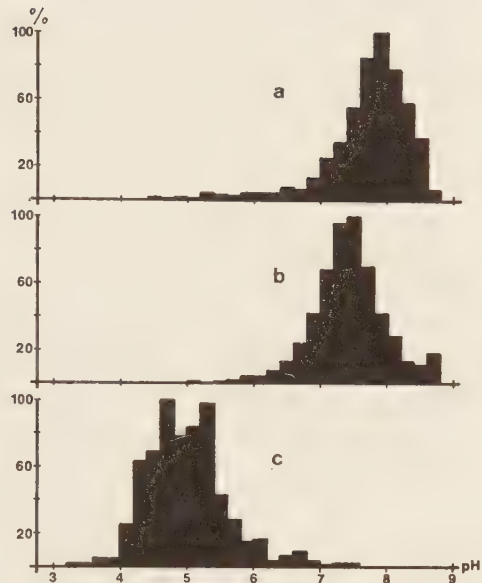


Abb. 14: *Thlaspeetea rotundifolii*

Abb. 12 *Drabion hoppeanae*: relative Verteilung der in den Standortsböden gemessenen pH-Werte

- a) *Saxifragetum biflorae*
- b) *Campanulo-Saxifragetum*
- c) *Drabo-Saxifragetum*
- d) *Trisetetum spicati*
- e) *Herniarietum alpinae*

Abb. 14 *Thlaspeetea rotundifolii*: relative Verteilung der in Standortsböden gemessenen pH-Werte

- a) *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften; 2416 Messungen
- b) *Thlaspeion rotundifolii*-Gesellschaften; 886 Messungen
- c) *Androsacion alpinae*-Gesellschaften; 657 Messungen

zeigten neben dem *Drabo-Saxifragetum* auch das *Trisetetum spicati* und das *Herniarietum alpinae*. Die Entwicklung verläuft hier jedoch nicht über *Carex firma*- und *Carex sempervirens-Sesleria varia*-Gesellschaften, wie das im reinen Kalkschutt der Fall ist, sondern direkt zu *Kobresia myosuroides*-Gesellschaften („*Elyneten* im weiteren Sinn“). Die Beziehungen dieser Gesellschaften zu den „klassischen *Elyneten*“ muß noch erarbeitet werden. Inwieweit eine Sukzession von den Pioniergesellschaften *Saxifragetum biflorae* und *Campanulo-Saxifragetum* zu den übrigen Assoziationen des *Drabion hoppeanae* möglich ist, sei dahingestellt, doch möchte ich eine derartige Entwicklung nicht von vornherein für unmöglich halten. In Abb. 13, S. 18 wurde versucht, die möglichen Sukzessionsrichtungen, ausgehend von den Gesellschaften des *Drabion hoppeanae*, aufzuzeigen.

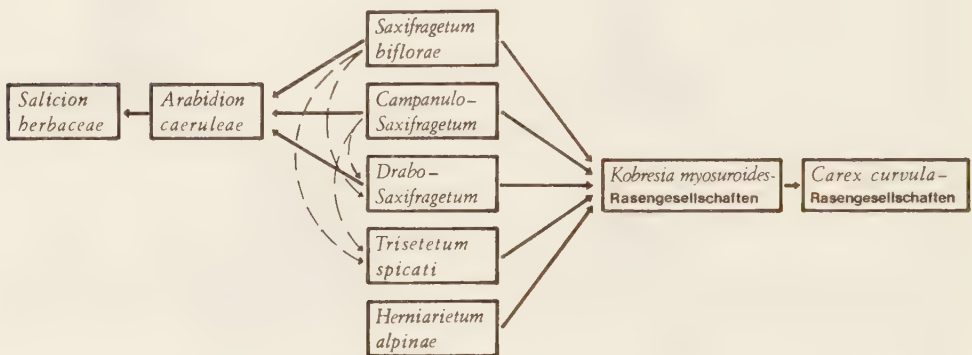


Abb. 13: Schema der möglichen, von *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften ausgehenden Sukzessionsreihen.

III. Vergleich der Gesellschaften des *Drabion hoppeanae* mit den Gesellschaften des *Thlaspeion rotundifolii* und des *Androsacion alpinae*

Die Verbände *Drabion hoppeanae*, *Thlaspeion rotundifolii* und *Androsacion alpinae* umfassen jeweils Steinschuttgesellschaften der alpinen bis nivalen Stufe verschiedener Exposition und Neigung. Schneebedeckungsdauer, Bodendurchfeuchtung und Beweglichkeit des Schuttes können für die einzelnen Gesellschaften der drei Verbände recht unterschiedlich sein.

Wie die deutschen Bezeichnungen bereits angeben, stellt die verschiedene Zusammensetzung des die Schuttflächen bildenden Gesteins den wesentlichsten Unterschied in der Ökologie dieser drei Verbände dar. Die Gesellschaften des Verbandes *Thlaspeion rotundifolii*, die „alpinen Kalkschuttgesellschaften“ besiedeln Schuttflächen, die aus Kalken

oder dysgeogenen Kalkschiefern aufgebaut werden. Ihre Hauptverbreitungsgebiete sind deshalb die Nördlichen und Südlichen Kalkalpen. Die Gesellschaften des Verbandes *Androsacion alpinae*, die „alpinen Silikatschuttgesellschaften“ besiedeln Schuttflächen, die aus kalkfreiem Silikatgestein, wie Granit, Gneis, Glimmerschiefer u. ä. aufgebaut werden. Sie kommen vor allem in den zentralen Ketten der Alpen vor. Die Gesellschaften des Verbandes *Drabion hoppeanae*, die „alpinen Kalkschieferschuttgesellschaften“ schließlich besiedeln Schuttflächen, die aus eugeogenen Kalkschiefern, im wesentlichen aus Kalkglimmerschiefern, aufgebaut werden. Wie die *Androsacion alpinae*-Gesellschaften, so kommen auch sie vor allem in den Zentralalpen vor. Die unterschiedliche Zusammensetzung und Struktur des Gesteins bedingen eine Reihe weiterer Standortsfaktoren, wie die Korngrößenverteilung, die Wasserhaltefähigkeit, den Gehalt und die Verfügbarkeit von Nährsalzen, die Bodenreaktion u. v. m.

Wie unter „Methodik“ beschrieben, konnten keine exakten Kongrößenbestimmungen durchgeführt werden. Die Geländebeobachtungen ergaben, daß der Feinschuttgehalt der Böden von *Drabion hoppeanae*-Standorten durchwegs sehr hoch ist. Kalkglimmerschiefer ist ein sehr weiches und brüchiges Gestein, das leicht zu grusigem und sandigem Material verwittert. Kalkfreie Silikatgesteine sind gegen eine physikalische Verwitterung meist widerstandsfähiger als Kalkglimmerschiefer. Deshalb sind die Böden von *Androsacion alpinae*-Standorten auch meist ärmer an Feinschutt als die Böden von *Drabion hoppeanae*-Standorten, weisen aber immer noch einen verhältnismäßig hohen Gehalt an feinerem Material auf. Kalkgestein schließlich verwittert in erster Linie chemisch. Eine größere Ansammlung von Feinschutt ist im Kalk nur dann möglich, wenn das Gestein mechanisch zerkleinert und zerrieben wird, wie in Moränen oder in dem Steinschlag stark ausgesetzten Schutthängen. In Böden der typischen und weitest verbreiteten Kalkschuttstandorte, also in Böden der meisten *Thlaspeion rotundifolii*-Standorte, ist der Gehalt an Feinschutt im allgemeinen recht gering.

Die Bestimmungen der Wasserstoffionenkonzentration ergaben, daß die Kalkglimmerschieferschuttböden, zunächst unerwartet, im Durchschnitt einen etwas höheren pH-Wert aufweisen, als die Schuttböden im reinen Kalk. Die Böden im kalkfreien Silikatschutt zeigten erwartungsgemäß eine schwach bis stärker saure Reaktion. In Abb. 14, S. 17 ist die relative Verteilung sämtlicher in Böden von *Drabion hoppeanae*-, *Thlaspeion rotundifolii*- und *Androsacion alpinae*-Standorten gemessenen pH-Werte vergleichend dargestellt. Das Diagramm für die *Androsacion alpinae*-Gesellschaften zeigt ein recht breites Maximum (zwischen pH 4,6 und 5,4), was bei der geringen Pufferung der Silikatschuttböden verständlich ist. Versucht man die unterschiedliche Reaktion der Böden von *Drabion hoppeanae*- und *Thlaspeion rotundifolii*-Standorten kausal zu erklären, so scheinen vor allem zwei Gründe für die höheren pH-Werte in Kalkglimmerschieferschuttböden bestimmend zu sein:

1. Wie oben dargelegt wurde, ist der Gehalt an grusigem und sandigem Material in Kalkglimmerschieferrohnböden wesentlich größer als in Kalkrohböden; damit ist eine wesentliche Vergrößerung der freien Oberfläche des Kalkes im Boden verbunden, wodurch die Löslichkeit des Kalkes erhöht wird.

2. Der Gehalt an organischem Material ist, wie im folgenden näher ausgeführt wird, in Kalkrohböden im Durchschnitt wesentlich höher als in Kalkglimmerschieferrohböden. Wo weniger organische Substanz ist, ist auch die Bakterientätigkeit im Boden geringer, und somit der Gehalt an Kohlensäure in der Bodenluft klein. Wiegner und Jenny (1926) zeigten, daß bei Anwesenheit von Kalk im Boden, die Wasserstoffionenkonzentration in erster Linie von der Konzentration der Kohlensäure abhängt; je geringer diese ist, desto höher sind die pH-Werte.

Abb. 15, S. 21 bringt die Ergebnisse der Karbonatbestimmungen. Für Böden von *Drabion hoppeanae*-Standorten wurde am häufigsten ein Kalkgehalt zwischen 20 und 50% gefunden. Darüber hinaus zeigten relativ zahlreiche Bodenproben einen Gehalt an Calciumkarbonat, der unter 20%, sogar unter 10 und 5% lag. Die pH-Werte dieser Böden mit geringem Kalkgehalt lagen jedoch durchaus in dem für Kalkglimmerschieferrohböden typischen Bereich. Die Ergebnisse der Karbonatbestimmungen von Kalkschuttböden wurden durch die Werte bei Zöttl (1950) ergänzt. Wie aus Abb. 15, S. 21 zu ersehen ist, zeigen die Kalkschuttböden der *Thlaspeion rotundifolii*-Gesellschaften im wesentlichen einen Kalkgehalt zwischen 80 und 100%.

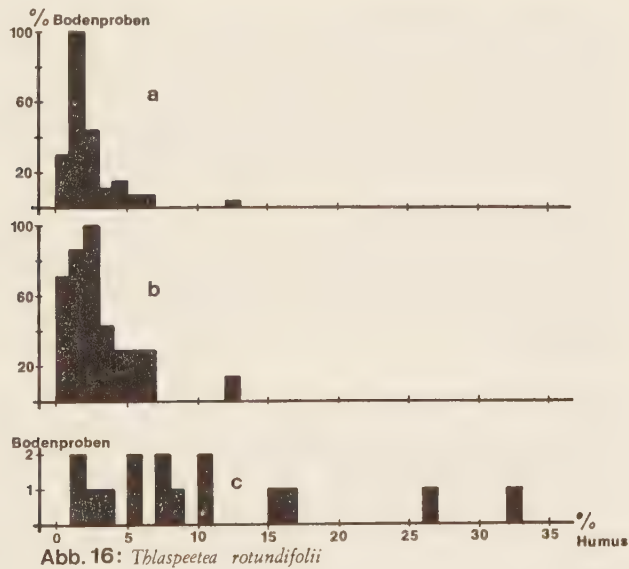
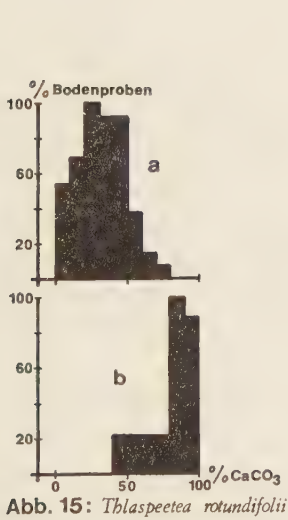
Steinschuttböden sind naturgemäß arm an organischer Substanz. So können sowohl *Drabion hoppeanae*- als auch *Androsacion alpinae*- und *Thlaspeion rotundifolii*-Gesellschaften auf Böden mit sehr geringem Humusgehalt vorkommen. Im Durchschnitt liegen jedoch die Werte für Böden von *Drabion hoppeanae*-Standorten am niedrigsten, und die für Böden von *Thlaspeion rotundifolii*-Standorte am höchsten. Von den letzteren stehen leider nur die Ergebnisse von 15 Bodenanalysen zur Verfügung. Diese zeigen eine recht große Streuung. So schien eine Darstellung relativer Werte im Diagramm wenig sinnvoll. Abb. 16, S. 21 zeigt neben den absoluten Werten für *Thlaspeion rotundifolii*-Gesellschaften (16c), die relative Verteilung der Werte für die *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften (16a) und die *Androsacion alpinae*-Gesellschaften (16b).

In Rohböden mit einem geringen Feinschuttgehalt ist für die Ansiedlung von Pflanzen eine größere Humusmenge notwendig als in feinschuttreichen Schuttböden. Wie oben dargelegt wurde, ist der Gehalt an Feinschutt in Böden von *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften wesentlich größer als der in Böden von *Thlaspeion rotundifolii*-Gesellschaften. Somit wird der durchschnittliche höhere Humusgehalt in Böden der *Thlaspeion rotundifolii*-Gesellschaften verständlich. Die Böden der *Androsacion alpinae*-Gesellschaften nehmen sowohl hinsichtlich des Feinschuttgehaltes als auch des Humusgehaltes eine Zwischenstellung ein.

Von nur sehr wenigen Bodenproben wurden auch quantitative Stickstoffbestimmungen durchgeführt. Die Böden von *Drabion hoppeanae*-Standorten (15 Proben) ergaben sämtlich Werte unter 0,1%. Für die etwas humusreicheren Böden von *Androsacion alpinae*-Standorten (6 Proben) wurden Werte zwischen 0,08 und 0,11% gefunden. Dem vergleichsweise hohen Anteil von Humus entsprechend, ergaben die Untersuchungen der Bodenproben von *Thlaspeion rotundifolii*-Standorten (9 Proben) Werte zwischen 0,19 und 1,15%. Die errechneten C/N-Verhältnisse liegen für alle hier untersuch-

ten Böden im Durchschnitt zwischen 14 und 22. Das Stickstoffangebot ist also in alpinen Schuttböden sehr gering. Es bleibt die Frage offen, inwieweit die dort gedeihenden Pflanzen mit diesem sehr geringen Angebot auskommen, oder ob sie in Symbiose mit stickstoffbindenden Mikroorganismen leben.

Die Tatsache, daß die Gesellschaften des Verbandes *Drabion hoppeanae* artenreicher sind, als die der Verbände *Androsacion alpinae* und *Thlaspeion rotundifolii*, wurde bereits in Teil I besprochen (vergl. Teil I, Abb. 3), doch möchte ich hier, im Anschluß an den Vergleich der ökologischen Gegebenheiten, nochmals darauf verweisen. Kalkglimmerschieferrohböden unterscheiden sich in vielen Faktoren sehr wesentlich von Kalkrohböden und kalkfreien Silikatrohböden. Inwieweit der besondere Florenreichtum auf Kalkglimmerschiefern eine direkte Folge dieser besonderen Bodenverhältnisse darstellt, sei dahingestellt; daß eine gewisse Korrelation zwischen diesen Faktoren besteht, kann jedoch als bewiesen gelten.



- Abb. 15 *Thlaspeetea rotundifolii*: Kalkgehalt der Böden von
a) *Drabion hoppeanae*-Standorten; 61 Bodenproben
b) *Thlaspeion rotundifolii*-Standorten; 25 Bodenproben
- Abb. 16 *Thlaspeetea rotundifolii*: Humusgehalt der Böden von
a) *Drabion hoppeanae*-Standorten; 59 Bodenproben
b) *Androsacion alpinae*-Standorten; 28 Bodenproben
c) *Thlaspeion rotundifolii*-Standorten; 15 Bodenproben

D. Ökologisches und physiologisches Verhalten einiger für *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften charakteristischer Arten in bezug auf den pH-Wert des Substrates

Wie bereits mehrfach erwähnt, wurden von sehr vielen Arten zahlreiche pH-Messungen der Standortsböden durchgeführt. Hier können nur die Ergebnisse für einige wenige Arten gebracht werden. Die Auswahl dieser Arten wurde in erster Linie nach deren Bedeutung für die Gesellschaften des *Drabion hoppeanae*-Verbandes getroffen.

Von nur 12 Arten konnte das physiologische Verhalten im Kulturversuch beobachtet werden. Diese Arten wurden, wie bereits unter „Methodik“ beschrieben, vor allem nach der Möglichkeit der Beschaffung von Samen, sowie deren Keimfähigkeit ausgewählt.

Im folgenden wird für 28 Arten jeweils ihr Vorkommen und ihre Verbreitung, ihre soziologische Stellung, die pH-Werte ihrer Standortsböden sowie die Ergebnisse der Kulturversuche, soweit solche durchgeführt wurden, besprochen. Dabei werden die Arten nicht nach ihrem soziologischen, ökologischen oder physiologischen Verhalten geordnet, sondern in der dem Alphabet entsprechenden Reihenfolge aufgeführt.

1. *Androsace alpina* (L.) Lam.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Androsace alpina ist in den Alpen endemisch. Ihr Areal erstreckt sich vom Dauphiné bis in die Steiermark und ist auf die zentralen Züge der Alpen beschränkt. In den silikatischen Gesteinsfluren der alpinen und nivalen Höhenstufe tritt sie gebietsweise recht häufig auf.

b) Soziologische Stellung:

Als Art, die im wesentlichen nur auf kalkarmem oder kalkfreiem Silikatschutt vorkommt, stellt *Androsace alpina* eine gute Verbandscharakterart des *Androsacion alpinae* dar. Gleichzeitig kann sie als, wenngleich recht schwache, Assoziationscharakterart des *Androsacetum alpinae* gelten.

c) Die Bodenazidität: Abb. 17, S. 31

Von *Androsace alpina*-Standortsböden wurden 26 pH-Messungen durchgeführt. Nur etwa die Hälfte der untersuchten Bodenproben stammt jedoch von für *Androsace alpina* typischen Standorten. In diesen Böden wurden Werte zwischen pH 4,6 und 5,9 gemessen. Die Werte zwischen pH 6,7 und 7,4 stellen die Meßergebnisse von etwas kalkhaltigen Standortsböden dar, die von Misch- bzw. Übergangsgesellschaften zwischen *Drabion hoppeanae*- und *Androsacion alpinae*-Gesellschaften besiedelt werden.

Obwohl *Androsace alpina* im wesentlichen nur auf kalkfreien Böden mit einer Reaktion zwischen pH 4,0 und 6,0 vorkommt, tritt sie gelegentlich auch auf neutralen bis schwach basischen Böden auf und gelangt auch hier zu guter Entwicklung. Das wenngleich recht seltene Vorkommen von *Androsace alpina* in *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften, z. B. in der Subassoziation *saxifragetosum bryoidis* des *Drabo-Saxifragetum* wird somit verständlich.

2. *Arabis caerulea* (All.) Haenke

a) Verbreitung und Vorkommen:

Arabis caerulea ist in den Alpen sehr verbreitet; ihr Areal reicht vom Dauphiné bis nach Niederösterreich. Oberhalb 2000 m ist sie auf feuchtem Steingrus und auf Schneeböden recht häufig, seltener dagegen an Felsen. Sie bevorzugt feuchte Standorte und ein feinkörniges Substrat, das auch etwas humos sein kann und beinahe immer kalkhaltig ist.

b) Soziologische Stellung:

Arabis caerulea ist die namengebende Art des Verbandes der alpinen Kalk-Schneebodengesellschaften (*Arabidion caeruleae* Br.-Bl. 1926) und Charakterart des *Arabidetum caeruleae* Br.-Bl. 1918. Sie greift jedoch auch in andere Gesellschaften und Gesellschaftsverbände über. So wurde sie z. B. sehr häufig in *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften gefunden, besonders im *Saxifragetum biflorae*, *Campanulo-Saxifragetum* und *Drabo-Saxifragetum*. Sie tritt hier jeweils als Differentialart der Subassoziation *arabidetosum caeruleae* auf.

c) Die Bodenazidität: Abb. 18a, S. 31

Die Werte meiner 118 Messungen, die zum größten Teil von Bodenproben aus dem Glocknergebiet, aber auch aus dem Wallis, den südlichen Zillertaler Alpen sowie aus dem Fimbertal stammen, liegen zwischen pH 5,1 und 8,6 mit einem Mittel bei pH 7,7. Eine starke Häufung der Werte ist zwischen pH 7,7 und 8,6 zu beobachten; 78% der Messungen liegen in diesem Bereich. Da die meisten meiner Messungen Bodenproben von *Drabion hoppeanae*-Standorten betreffen, und da Braun-Blanquet (1926) für das *Arabidetum caeruleae* einen pH-Wert von 6,9 angibt, ist anzunehmen, daß das wirkliche ökologische Optimum von *Arabis caerulea* bei einem pH-Wert um den Neutrapunkt liegt.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 2, S. 27; Abb. 18b, S. 31

Von *Arabis caerulea* konnten pro pH-Stufe jeweils nur wenige Individuen zur Auswertung herangezogen werden, da ein Großteil der Pflanzen bald nach dem Umsetzen einging. Auf eine Darstellung der t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen bei den Trockengewichtsbestimmungen wurde verzichtet, da der Verlauf der in Abb. 31 dargestellten Kurve nur mit geringer Wahrscheinlichkeit zu sichern war. Die Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen sowie die Beobachtungen über den Wachstumsverlauf zeigen jedoch eindeutig, daß *Arabis caerulea* ihr physiologisches Optimum bei basischer, neutraler bis sehr schwach saurer Reaktion des Substrates hat.

Für *Arabis caerulea* konnten keine Unterschiede zwischen physiologischem und ökologischem Verhalten, bezogen auf die Wasserstoffionenkonzentration des Substrates, gefunden werden. Ihr Verhalten im Kulturversuch entspricht den Messungen der Standortsböden.

3. *Arabis corymbiflora* Vest.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Das Areal von *Arabis corymbiflora* erstreckt sich von den Pyrenäen über die gesamten Alpen bis in den mittleren Apennin und nach Montenegro. Sie bevorzugt humose, kalkhaltige Unterlagen und ist in alpinen Steinrasen zwischen 1200 und 2000 m ziemlich häufig anzutreffen, seltener dagegen auf frischen Steinschutthaldden, an Felsen oder im Geröll der Bäche.

b) Soziologische Stellung:

Nach Braun-Blanquet (1926) ist *Arabis corymbiflora* eine Ordnungscharakterart der *Seslerietalia coeruleae* Br.-Bl. 1926.

c) Die Bodenazidität:

Von *Arabis corymbiflora* wurden keine pH-Messungen der Standortsböden durchgeführt.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 3, S. 27; Abb. 19, S. 31; Tab. 4, S. 27

Der Charakter von *Arabis corymbiflora* als Kalkrasenpflanze kommt auch in den Versuchsergebnissen recht klar zum Ausdruck. Braun-Blanquet und Jenny (1926) geben für *Seslerietalia*-Gesellschaften pH-Werte von 7,3 (*Caricetum firmæ*) bis 5,5 (*Elynetum*) an. Im Kulturversuch gedieh *Arabis corymbiflora* zwischen pH 4,0 und pH 7,5 etwa gleich gut und die Stoffproduktion nimmt, wie Abb. 19 zeigt, nach pH 8,0 und nach pH 3,0 hin deutlich ab. Die Ergebnisse der pH-Stufen 7,5 und 7,0, 6,5 und 6,0 sowie 5,0 und 4,0 wurden jeweils zu einem Zwischenwert zusammengezogen.

Tab. 4 bringt die t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen zwischen den einzelnen Punkten in Abb. 19. Daraus ist zu ersehen, daß der Abfall der Kurve in Abb. 19 von pH 7,5 nach pH 8,0 nur mit etwa 75% Wahrscheinlichkeit gesichert werden konnte, der von pH 4,0 nach pH 3,0 dagegen mit weit über 99% Wahrscheinlichkeit.

Die große Variationsbreite im Versuch innerhalb des sauren Bereichs kann damit erklärt werden, daß im Versuch auch bei niedrigen pH-Werten noch sämtliche Nährsalze vorhanden sind, was in der Natur nicht der Fall ist; das trifft besonders für die Alkali- und Erdalkalimetallionen zu.

4. *Arabis pumila* Jacq.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Arabis pumila ist in allen Kalkgebieten der Alpen verbreitet. Sie ist in frischen Felsspalten, auf Steinschutt und in Geröll recht häufig, seltener dagegen in Schneetälchen oder in Rasen. Ziemlich streng scheint sie an kalkhaltiges Substrat gebunden zu sein.

b) Soziologische Stellung:

Nach Braun-Blanquet (1931), Oberdorfer (1962) u. a. ist *Arabis pumila* eine Verbandscharakterart des *Potentillion caulescentis* Br.-Bl. 1926. Da sie jedoch auch in *Thlaspeion rotundifolii*- und in *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften recht häufig auftritt, kann sie nur als recht schwache Charakterart bezeichnet werden.

c) Die Bodenazidität: Abb. 20a, S. 31

Die untersuchten Bodenproben stammen aus dem Wallis, der Brenta-Gruppe, den Berchtesgadener Alpen, den Radstädter Tauern, den Schlierseer Bergen und vor allem aus dem Glocknergebiet. Der niedrigste gemessene Wert ist pH 6,7, der höchste pH 8,5; das Mittel liegt bei pH 7,6, wo auch die größte Häufung der Werte zu beobachten ist. Die Meßergebnisse bestätigen also die Angaben in der Literatur; bei Braun-Blanquet (1913), Vierhapper (1935), Oberdorfer (1962) u. a. wird *Arabis pumila* als „kalkstete“ Pflanze bezeichnet.

d) die Versuchsergebnisse: Tab. 5, S. 27; Abb. 20b, S. 31; Tab. 6, S. 27

Nach dem Vorkommen und den Bodenmessungen wäre zu erwarten gewesen, daß das Wachstum von *Arabis pumila* im alkalischen und neutralen Bereich wesentlich besser wäre, als bei saurer Reaktion des Substrates. Diese Erwartung erwies sich jedoch als irrtümlich. In Kultur gedieh *Arabis pumila* am besten bei pH-Werten zwischen 7,0 und 5,0, wesentlich schlechter dagegen bei pH 7,5 und 8,0 sowie bei pH 4,0 und 3,0. Abb. 20b zeigt die Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen. Wie aus Tab. 6 ersichtlich, kann der Verlauf der Kurve in Abb. 20b durchaus als gesichert angesehen werden.

Arabis pumila wächst also in Kultur am besten im neutralen bis schwach sauren Bereich. Da sich in der Natur auf Böden dieser Reaktion meist Kalkrasengesellschaften (*Seslerietalia*) entwickeln, liegt der Schluß nahe, daß *Arabis pumila*, obwohl sie in diesem pH-Bereich ihr physiologisches Optimum aufweist, aus Konkurrenzgründen auf offene und so auch mehr alkalisch reagierende Böden ausweicht. Ähnliche Ergebnisse fand Knapp (1953) für *Arnica montana*; auch Ellenberg (1952) betont wiederholt, daß aus Konkurrenzgründen durchaus nicht immer das physiologische Optimum einer Pflanze mit ihrem ökologischen zusammentreffen muß.

Ein Vergleich von Abb. 20a mit Abb. 20b zeigt, daß bei *Arabis pumila* physiologisches und ökologisches Optimum um etwa eine pH-Einheit gegeneinander verschoben sind.

5. *Artemisia genipi* Weber

a) Verbreitung und Vorkommen:

Artemisia genipi ist meist seltener als *Artemisia mutellina*; nur in den Tauern, den Bündner, Tessiner und Walliser Alpen tritt sie gelegentlich häufiger auf als diese. Ihre allgemeine Verbreitung reicht vom Dauphiné bis in die Steiermark. Sie wächst in Felsspalten und auf Gehänge- und Moränenschutt, sowohl über kalkarmem Gestein als auch — und dies wesentlich häufiger — über Kalkschiefen. Bei Braun-Blanquet (1913), Vierhapper (1935), Janchen (1958) u. a. wird sie zwar als „azidiphile“, „kieselholde“, „meist nur auf Urgestein“ wachsende Pflanze bezeichnet, doch dürften diese Angaben auf einer Nichtbeachtung der Sonderstellung von Kalkglimmerschiefen innerhalb der „Urgesteinsalpen“ beruhen.

b) Soziologische Stellung:

Artemisia genipi ist eine gute *Drabion hoppeanae*-Verbandscharakterart. Besonders häufig tritt sie im *Campanulo-Saxifragetum* und im *Trisetetum spicati* auf.

c) Die Bodenazidität: Abb. 21a, S. 31

Die 146 Messungen, deren relative Verteilung in Abb. 21a dargestellt ist, stammen von Bodenproben aus dem Glocknergebiet, dem Wallis, dem Samnaun und den Zillertaler Alpen. Es wurden Werte zwischen pH 4,8 und 8,6 gemessen. Wie aus Abb. 21a ersichtlich, ergaben die meisten Messungen Werte zwischen pH 7,6 und 8,4; über 60% der Messungen liegen in diesem Bereich.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 7, S. 27; Abb. 21b, S. 31; Tab. 8, S. 27

Artemisia genipi verhält sich in Kultur analog den pH-Werten der Standortsböden. Wie Abb. 21a zeigt, liegt das Maximum der gemessenen pH-Werte um pH 8,0. In Kultur konnte ebenfalls bei pH 8,0 das beste Wachstum und die größte Stoffproduktion festgestellt werden. Abb. 21b zeigt die Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen: je niedriger der pH-Wert der Nährlösung, desto geringer die Stoffproduktion. Tab. 8 gibt die t-Werte für den Grad der statistischen Sicherung der Differenzen zwischen den einzelnen Punkten der Kurve in Abb. 21b an. Der Verlauf dieser Kurve kann als gesichert betrachtet werden. *Artemisia genipi* zeigt also große Übereinstimmung in ihrem ökologischen und in ihrem physiologischen Verhalten.

6. *Artemisia mutellina* Vill.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Das alpine Areal von *Artemisia mutellina* erstreckt sich von den Seealpen bis in die Steiermark. Auch sie hat wie *Artemisia genipi* ihre Hauptverbreitung in den Zentralalpen, tritt aber auch in den Nördlichen und Südlichen Kalkalpen auf. Sie wächst meist auf mineralischen Fels- und Schuttböden, auf Moränenschutt, aber auch an Gipffelsen, bis zu einer Höhe von über 3000 m. Die Angaben bei Vierhapper (1935), Janchen (1958) und Oberdorfer (1962), in denen *Artemisia mutellina* als „azidiphile“ „nur“ bzw. „vorwiegend auf kalkarmem“ bzw. „auf Ur-Gestein“ vorkommt, halte ich für nicht zutreffend. Wie *Artemisia genipi* so fand ich auch *Artemisia mutellina* auf Kalkglimmerschiefern wesentlich häufiger als auf kalkfreiem oder kalkarmem Silikatgestein.

-
- Tab. 2 *Arabis caerulea*: Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen
Tab. 3 *Arabis corymbiflora*: Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen
Tab. 4 *Arabis corymbiflora*: t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen bei den Trockengewichtsbestimmungen
Tab. 5 *Arabis pumila*: Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen
Tab. 6 *Arabis pumila*: t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen bei den Trockengewichtsbestimmungen
Tab. 7 *Artemisia genipi*: Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen
Tab. 8 *Artemisia genipi*: t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen bei den Trockengewichtsbestimmungen
Tab. 9 *Artemisia mutellina*: Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen

pH	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	4,0	3,0
		6,5				+K ⁺	
Trockengew. mg	359	325	263	195	95	52	39
	%	100	91	73	54	26	11
Fm ± mg	150	144	115	100	19	24	6
Fm ± %	42	44	43	51	20	47	16
Wachstumsstand							
25.5.	4,7	5,0	5,0	4,8	4,7	4,7	4,6
1.6.	5,0	5,0	5,0	4,6	4,6	4,8	4,1
11.6.	4,3	4,6	4,0	4,2	4,0	3,7	3,5
19.6.	4,3	4,0	4,0	4,0	3,5	3,3	2,5
24.6.	4,0	3,4	3,8	4,0	3,2	2,8	1,4
29.6.	3,8	3,3	3,3	3,6	2,9	0,6	0,4
2.7.	3,2	2,9	3,5	3,4	2,7	0,6	0,2

Tab. 2: *Arabis caerulea*

pH		8,0	7,5	6,5	5,0	3,0
			7,0	6,0	4,0	
Trockengew. mg	299	427	425	378	48	
	%	70	100	99	88	11
Fm ± mg	65	88	63	66	5	
Fm ± %	22	21	15	18	11	
Wachstumsstand						
25.5.	4,6	5,0	4,9	4,8	4,5	
1.6.	4,2	4,5	4,0	3,8	3,6	
11.6.	4,4	4,6	4,4	4,3	2,9	
19.6.	4,4	4,6	4,5	4,4	2,0	
24.6.	4,4	4,6	4,3	4,5	1,1	
29.6.	4,2	4,5	4,4	4,3	0,4	
2.7.	4,2	4,3	4,5	4,3	0,0	

Tab. 3: *Arabis corymbiflora*

pH	8,0	7,5	6,5	5,0
		7,0	6,0	4,0
7,5+7,0	1,18			
6,5+6,0	1,39	0,02		
5,0+4,0	0,85	0,33	0,52	
3,0	3,86	4,30	5,98	5,00

Tab. 4: *Arabis corymbiflora*

pH		8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,0	4,0	3,0
Trockengew.	mg	128	262	402	403	533	298	139	98
	%	24	49	75	76	100	56	26	18
Fm	± mg	36	50	116	90	97	103	43	27
Fm	± %	28	19	29	22	18	35	31	28
Wachstumsstand									
25.5.		4,4	4,3	4,8	4,1	4,0	5,0	4,1	4,6
1.6.		4,4	4,6	5,0	4,5	4,0	5,0	4,2	4,6
11.6.		4,4	4,6	4,7	4,9	4,6	4,7	3,7	4,1
19.6.		3,6	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	3,7	3,8
24.6.		3,4	4,3	4,2	4,6	4,5	4,3	3,3	3,2
29.6.		2,8	4,3	4,3	4,6	4,6	4,3	2,9	2,4
2.7.		2,6	4,4	4,5	4,6	4,6	4,3	2,9	2,1

Tab. 5: *Arabis pumila*

pH	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,0	4,0
7,5	2,16						
7,0	2,26	1,11					
6,5	2,84	1,36	0,00				
6,0	3,95	2,48	0,87	1,00			
5,0	1,56	0,33	1,12	0,78	1,66		
4,0	0,20	1,86	2,12	2,66	3,71	1,42	
3,0	0,67	2,87	2,55	3,25	4,32	1,89	0,81

Tab. 6: *Arabis pumila*

pH	8,0	7,5	6,5	5,0	4,0	3,0
		7,0	6,0			
Trockengew. mg	883	775	595	533	354	318
%	100	88	67	60	40	35
Fm ± mg	107	66	64	86	86	62
Fm ± %	12	9	11	16	24	22
Wachstumsstand						
25.5.	4,5	4,7	4,6	4,8	4,6	4,7
1.6.	4,9	5,0	4,8	4,8	4,7	4,5
11.6.	4,7	4,9	4,6	4,5	4,3	4,3
19.6.	4,7	4,8	4,0	4,1	4,2	3,8
24.6.	4,7	4,8	4,0	3,8	3,3	3,2
29.6.	4,9	4,6	3,6	3,6	2,4	2,3
2.7.	4,9	4,5	3,6	3,4	2,4	2,1

Tab. 7: *Artemisia genipi*

pH	8,0	7,5	6,5	5,0	4,0
		7,0	6,0		
7,5+7,0	0,8				
6,5+6,0	1,7	1,7			
5,0	2,4	2,2	0,8		
4,0	3,8	3,9	2,2	1,5	
3,0	4,2	5,1	3,1	2,0	0,4

Tab. 8: *Artemisia genipi*

pH	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0
	7,5	6,5				
Trockengew. mg	809	678	669	652	560	250
%	100	84	83	81	69	31
Fm ± mg	76	63	94	80	90	54
Fm ± %	9	9	14	12	16	22
Wachstumsstand						
25.5.	4,9	5,0	4,8	4,8	5,0	4,8
1.6.	5,0	5,0	4,7	4,8	5,0	4,7
11.6.	5,0	4,7	4,1	4,8	4,4	4,3
19.6.	4,6	4,3	3,9	4,3	3,9	3,8
24.6.	4,5	4,2	3,6	3,9	4,0	2,7
29.6.	4,3	3,9	3,5	3,9	3,8	1,9
2.7.	4,2	3,9	3,7	3,6	3,2	1,5

Tab. 9: *Artemisia mutellina*

b) Soziologische Stellung:

Braun-Blanquet (1926) bezeichnet *Artemisia mutellina* in der Tabelle des *Androsacetum helveticae* als Ordnungscharakterart der *Potentilletalia caulescentis* Br.-Bl. 1926. Bei Oberdorfer (1962) wird sie als Charakterart des *Androsacetum vandellii* Br.-Bl. 1926 angegeben. Da sie jedoch recht häufig in Kalkschieferschuttgesellschaften, besonders im *Trisetetum spicati* gefunden wurde, muß erst noch erarbeitet werden, inwieweit sie als Charakterart der Felsspaltengesellschaften (*Asplenietea rupestris* Br.-Bl. 1934) gelten kann, oder ob sie nicht eher eine Charakterart des *Drabion hoppeanae* darstellt.

c) Die Bodenazidität: Abb. 22a, S. 31

Dem Thema dieser Arbeit entsprechend, stammen die relativ wenigen Messungen von *Artemisia mutellina*-Standortsböden meist von Kalkglimmerschieferschuttstandorten. Wenn *Artemisia mutellina* ihre Hauptverbreitung in Felsspaltengesellschaften hat, wie dies Braun-Blanquet (1926), Oberdorfer (1962) u. a. angeben, so kann an Hand meiner Meßergebnisse der Bodenazidität nicht auf das ökologische Verhalten der Art geschlossen werden. Andererseits zeigen jedoch die Messungen deutlich, daß *Artemisia mutellina* häufig in Böden basischer Reaktion vorkommt. Die Pflanzen dieser Standorte zeigten jeweils optimale Entwicklung; sie blühten und fruchteten sehr reich.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 9, S. 27; Abb. 22b, S. 31; Tab. 10, S. 37

Wachstumsschätzungen und Trockengewichtsbestimmungen zeigen, daß *Artemisia mutellina* bei basischer Reaktion des Substrates am besten gedeiht. Aber auch im neutralen bis schwach sauren Bereich wächst sie noch recht gut. Erst bei pH 3,0 ist die Stoffproduktion sehr gering. Die Kurve der Trockengewichtsbestimmungen zeigt zwischen pH 7,0 und 5,0 kaum Unterschiede; von pH 5,0 nach pH 4,0 fällt sie leicht, nach pH 3,0 stark ab. Statistisch zu sichern waren nur die Differenzen zwischen dem Wert für pH 3,0 und den übrigen Werten; die Differenz zwischen den Werten pH 8,0 und pH 4,0 konnte mit 95% Wahrscheinlichkeit gesichert werden. Bezogen auf den pH-Wert des Substrates zeigt also *Artemisia mutellina* in ihrem physiologischen Verhalten ein recht breites Optimum.

7. *Braya alpina* Sternbg. u. Hoppe

a) Verbreitung und Vorkommen:

Braya alpina ist ein Endemit der Ostalpen. Ihre Hauptverbreitung erstreckt sich von den südlichen Zillertaler Alpen bis zu den Hohen Tauern. Ihr Vorkommen ist auf frische, basenreiche, sehr humusarme Kalk- bzw. vorwiegend Kalkglimmerschiefer-Feinschuttböden in einer Höhe von 2000 bis 3000 m beschränkt. Sie bevorzugt geschütztere Standorte, so auf offenen Moränenböden neben großen Felsblöcken oder in lückigem Steinrasen, wo sie zwar auch wieder auf offenem Feinschutt wächst, aber von den benachbarten Rasenpolstern geschützt wird.

b) Soziologische Stellung:

Nach Braun-Blanquet (1931) ist *Braya alpina* eine lokale Charakterart des *Leontodontetum montani* Jenny-Lips 1930. Wendelberger (1953) dagegen betrachtet sie als „ausgesprochene Rasenpflanze“ und vertritt die Ansicht, daß sie eher als Charakterart zur Ordnung der *Seslerietalia coeruleae* Br.-Bl. 1926 zu stellen sei. Nach meinen Beobachtungen im Glocknergebiet kommt zwar *Braya alpina* auch im offenen Rasen vor, doch immer an Stellen,

wo der Feinschuttuntergrund offen zutage tritt und die Pflanze kaum unmittelbare Beziehungen zu den Rasenpflanzen aufweist. Weitaus häufiger als im offenen Rasen fand ich sie jedoch auf typischen Kalkglimmerschieferschuttstandorten. Wie in Teil I dargestellt wurde, stellt *Braya alpina* eine gute Charakterart des *Trisetetum spicati* dar.

c) Die Bodenazidität: Abb. 23a, S. 31

Von *Braya alpina*-Standorten wurden 48 Messungen von Bodenproben durchgeführt, die durchwegs aus dem Glocknergebiet stammen. Die gemessenen Werte liegen zwischen pH 7,3 und 8,6. Wie aus Abb. 23a zu ersehen ist, ergaben sich am häufigsten Werte über pH 8,0. *Braya alpina* scheint also in ihrem Vorkommen auf Böden basischer Reaktion beschränkt zu sein.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 11, S. 37; Abb. 23b, S. 31; Tab. 12, S. 37

Zwischen pH 8,0 und 6,0 gedieh *Braya alpina* etwa gleich gut und zeigte eine recht erhebliche Stoffproduktion. Bei Werten unter pH 6,0 war ihr Wachstum jedoch sehr schlecht. Die großen Unterschiede im Gedeihen der Pflanzen speziell zwischen den pH-Stufen 6,0 und 5,0 kommen in Abb. 23b sehr deutlich zum Ausdruck. Das durchschnittliche Trockengewicht der Pflanzen bei pH 6,0 beträgt 706 mg, das der Pflanzen bei pH 5,0 dagegen nur 142 mg. Der Verlauf der Kurve in Abb. 23b konnte einwandfrei gesichert werden, wie aus Tab. 12 hervorgeht. Die Unterschiede zwischen den Werten für pH 8,0 und 7,5 + 7,0 liegen innerhalb des mittleren Fehlers.

Im ökologischen und physiologischen Verhalten der Art ergab sich somit große Übereinstimmung, wenngleich das Optimum im physiologischen Verhalten wesentlich breiter ist, als das im ökologischen Verhalten.

8. *Campanula cenisia* L.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Auch *Campanula cenisia* ist ein Endemit der Alpen. Ihr Areal reicht vom Dauphiné bis ins westliche Tirol. Bis auf wenige Ausnahmen (z. B. Parseiermassiv) ist ihr Vorkommen auf Kalkglimmerschieferrohböden der alpinen bis nivalen Stufe in den Zentralalpen beschränkt.

b) Soziologische Stellung:

Als namensgebende Art des *Campanulo-Saxifragetum* stellt sie eine gute Charakterart dieser zum *Drabion hoppeanae* gehörenden Assoziation dar.

c) Die Bodenazidität: Abb. 24, S. 31

Campanula cenisia zeigt ein ökologisches Optimum bei basischer Reaktion des Bodens. Am häufigsten wurden Werte zwischen pH 7,6 und 8,2 gemessen. Die Pflanzenindividuen solcher Standorte gediehen optimal, blühten sehr reich und bildeten teilweise dichte Rasen von annähernd 50 cm Durchmesser. In recht kümmerlichen Exemplaren mit keiner oder höchstens einer bis zwei Blüten wurden *Campanula cenisia* in einer Übergangs- bzw. Mischgesellschaft zwischen dem *Campanulo-Saxifragetum* und dem *Androsacetum alpinae* gefunden; die Messungen dieser Standortsböden ergaben Werte zwischen pH 5,7 und 6,1, die hinsichtlich der Gesamtverteilung der pH-Werte (vergl. Abb. 24) recht isoliert zu stehen kommen.

9. *Campanula cochleariifolia* Lamk.

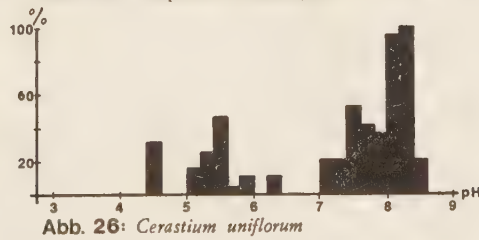
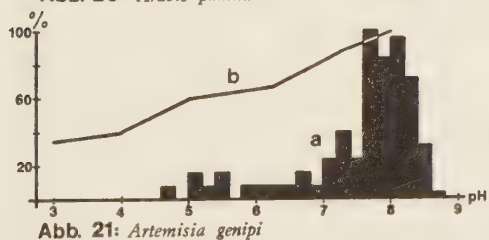
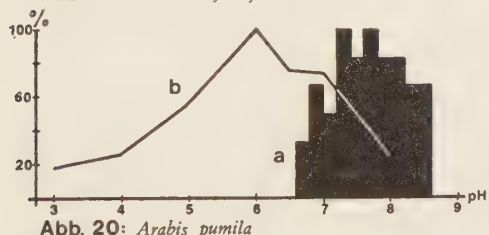
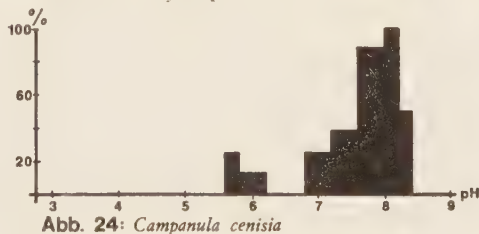
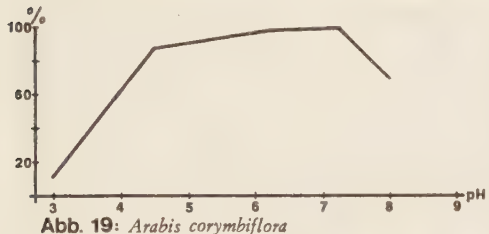
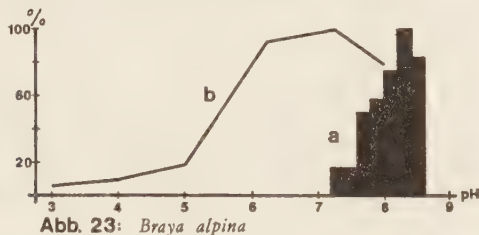
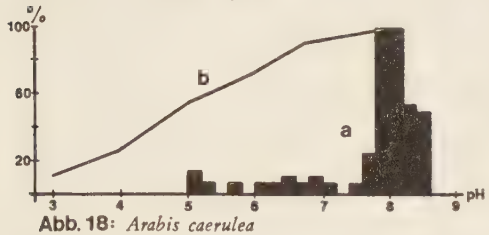
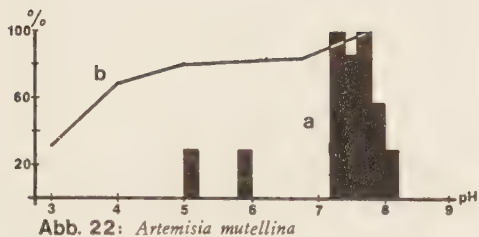
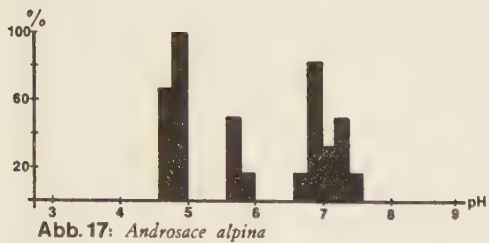
a) Verbreitung und Vorkommen:

Campanula cochleariifolia ist in den europäischen Gebirgen zwischen Pyrenäen und Karpaten weit verbreitet. Besonders häufig tritt sie auf Kalk- und kalkhaltigen Schiefer-Schuttböden in der alpinen Stufe auf, geht aber, vor allem entlang der Flußtäler, auch bis ins Alpenvorland und wächst gelegentlich auch auf kalkfreien Schuttstandorten.

b) Soziologische Stellung:

Oberdorfer (1962) gibt *Campanula cochleariifolia* als *Thlaspeetalia rotundifolii*-Ordnungscharakterart an. Da sie jedoch auch in *Drabetalia hoppeanae*-Gesellschaften mit hoher Stetigkeit und in *Androsacetalia alpinae*-Gesellschaften, wenngleich seltener, so doch gelegentlich mit recht hohem Deckungswert auftritt und außerdem auch in den alluvialen Geröllfluren der Ordnung *Epilobietalia fleischeri* häufig zu finden ist, muß sie als gute Klassencharakterart der *Thlaspeetea rotundifolii* bezeichnet werden.

-
- Abb. 17 *Androsace alpina*: relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 26 Messungen; 6 Messungen = 100‰
- Abb. 18 *Arabis caerulea*:
- a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 118 Messungen; 28 Messungen = 100‰
 - b) Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 359 mg = 100‰
- Abb. 19 *Arabis corymbiflora*: relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 427 mg = 100‰
- Abb. 20 *Arabis pumila*:
- a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 46 Messungen; 6 Messungen = 100‰
 - b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 533 mg = 100‰
- Abb. 21 *Artemisia genipi*:
- a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 146 Messungen; 25 Messungen = 100‰
 - b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 883 mg = 100‰
- Abb. 22 *Artemisia mutellina*:
- a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 30 Messungen; 7 Messungen = 100‰
 - b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 809 mg = 100‰
- Abb. 23 *Braya alpina*:
- a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 48 Messungen; 12 Messungen = 100‰
 - b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 760 mg = 100‰
- Abb. 24 *Campanula cenisia*: relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 40 Messungen; 8 Messungen = 100‰
- Abb. 25 *Campanula cochleariifolia*: relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 178 Messungen; 25 Messungen = 100‰
- Abb. 26 *Cerastium uniflorum*: relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 102 Messungen; 19 Messungen = 100‰



c) Die Bodenazidität: Abb. 25, S. 31

Die Ergebnisse der pH-Messungen von Standortsböden entsprechen den obigen Angaben über das Vorkommen und die soziologische Stellung von *Campanula cochleariifolia*. Bei weitem die meisten Messungen (über 82% der Gesamtzahl) ergaben Werte über pH 7,0. Aber auch auf verhältnismäßig sauren Böden wurde *Campanula cochleariifolia* in noch guter Entwicklung angetroffen, was die Angaben über ihr gelegentliches Vorkommen in *Androsacetalia alpinae*-Gesellschaften bestätigt. *Campanula cochleariifolia* hat also ihr ökologisches Optimum bei basischer Reaktion des Bodens, tritt aber gelegentlich auch auf Böden mit schwach bis mäßig saurer Reaktion auf. Die Lücke um pH 6,0 in Abb. 25 zeigt an, daß *Campanula cochleariifolia* in ihrem Vorkommen recht streng an offene Rohböden gebunden ist, denn Böden von einer Reaktion etwa zwischen pH 5,8 und 6,8 werden meist von Kalkrasengesellschaften bedeckt.

10. *Cerastium uniflorum* Clairv.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Das Hauptverbreitungsgebiet von *Cerastium uniflorum* sind die Zentralalpen. Aus den Angaben bei Kerner (1863), Hegi (1912), Braun-Blanquet (1913), Oberdorfer (1962) u. a. wäre zu schließen, daß es in seinem Vorkommen mehr oder weniger streng an kalkarme Silikatschuttböden gebunden sei. Wie bereits Merxmüller (1950) feststellte, trifft dies aber keineswegs zu. Ausgesprochen häufig tritt es auf Kalkglimmerschieferschuttböden auf und auch in manchen Gebirgszügen der Nördlichen und Südlichen Kalkalpen (z. B. Berchtsgadener Alpen, Lienzer Dolomiten) ist es durchaus nicht selten. Sein Fehlen in einigen Kalkgebirgsstöcken der Alpen ist wohl eher chorologisch und nicht ökologisch zu erklären.

b) Soziologische Stellung:

Cerastium uniflorum stellt eine gute Klassencharakterart der *Thlaspeetea rotundifolia* dar, greift gelegentlich jedoch in Felsspalten- und Schneebodengesellschaften über. Braun-Blanquet (1926), Oberdorfer (1962) u. a. geben *Cerastium uniflorum* als Verbandscharakterart des *Androsacion alpinae* an. Dies scheint zwar in der westlichen Schweiz sowie in den französischen Alpen zuzutreffen, doch keineswegs in den Ostalpen (vgl. Merxmüller 1950).

c) Die Bodenazidität: Abb. 26, S. 31

An Hand von Abb. 26 liegt der Schluß nahe, daß *Cerastium uniflorum* sein ökologisches Optimum bei basischer Reaktion des Bodens hat. Diesem Schlusse möchte ich mich jedoch nicht anschließen, da *Cerastium uniflorum* auf kalkfreiem Silikatgestein gebietsweise ähnlich häufig auftritt, wie auf Kalkglimmerschiefern und da, dem Thema dieser Arbeit entsprechend, hier wesentlich häufiger Kalkglimmerschiefer-Schuttstandorte, als Standorte in kalkfreiem Silikatgestein untersucht wurden. Deshalb möchte ich mit Merxmüller (1950) *Cerastium uniflorum* als eine Art bezeichnen, die keine besonderen Ansprüche an die Reaktion des Bodens stellt und als typische Rohbodenpflanze in Rasengesellschaften nicht konkurrenzfähig ist.

11. *Draba aizoides* L.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Draba aizoides ist über die ganzen Alpen verbreitet. Sie fehlt auf reinem Gneis, Granit und Glimmerschiefer, ist dagegen in den Kalkalpen sowie in den aus kalkführenden Gesteinen aufgebauten Zentralalpentteilen recht häufig. Man findet sie an trockenen, warmen Felsen, in Felspalten oder Rasenbändern und, wenngleich etwas seltener, in Steinschutt, in Schneetälchen oder im Rasen, jedoch immer über basenreichem, meist kalkhaltigem Gestein.

b) Soziologische Stellung:

Draba aizoides gilt als Verbandscharakterart des *Potentillion caulescentis* Br.-Bl. 1926 (Oberdorfer 1962), greift jedoch häufig auch in Steinschutt- und Kalkrasengesellschaften über. Innerhalb der Klasse der Steinschuttgesellschaften *Thlaspeetea rotundifolia* stellt sie eine Differentialart der Ordnung *Drabetalia hoppeanae* dar.

c) Die Bodenazidität: Abb. 27a, S. 41

Das Diagramm in Abb. 27a zeigt eine recht breite Streuung der pH-Werte. Eine deutliche Häufung der Messungen ergab sich bei Werten zwischen pH 6,8 und 7,8. *Draba aizoides* hat wohl in Böden dieser Reaktion ihr ökologisches Optimum. Die Werte zwischen pH 4,8 und 6,2 stammen von Messungen einiger Kalkrasen-Standortsböden.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 13, S. 37; Abb. 27b, S. 41

Draba aizoides zeigte kaum Unterschiede im Wachstum und in der Stoffproduktion; bei pH-Werten von 4,0 bis 8,0 gedieh sie in etwa gleich gut, wenngleich bei basischer Reaktion der Nährlösung das Wachstum etwas besser war, als bei schwach saurer Reaktion. Nur bei pH 3,0 wuchs *Draba aizoides* sehr schlecht. Abb. 27b bringt die relativen Werte der Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung. Statistisch zu sichern war nur der starke Abfall der Kurve von pH 4,0 nach pH 3,0.

Draba aizoides wächst also in Kultur selbst bei einem pH-Wert von 4,0 noch recht gut, am besten allerdings bei Werten zwischen pH 7,0 und 8,0. Die pH-Messungen von Standortsböden hatten ergeben, das *Draba aizoides* am häufigsten auf Böden basischer Reaktion gefunden wurde. Die jeweils recht schwach hervortretenden Optima im ökologischen und im physiologischen Verhalten der Art entsprechen also einander. Da aber *Draba aizoides* in Rasengesellschaften noch bei pH-Werten von 4,8 gefunden wurde, und da sie in Kultur auch bei Werten von pH 4,0 noch gut gedieh, erhebt sich die Frage, warum sie nur sehr selten auf kalkfreien Silikatrohböden zu finden ist. Man könnte vermuten, daß die beiden hier nicht unterschiedenen Varietäten *D. aizoides* L. var. *montana* Koch und *D. aizoides* L. var. *aizoides* (L.) unterschiedliche ökologische Ansprüche aufweisen. Oberdorfer (1962) gibt die var. *montana* als *Potentillion caulescentis*-Verbandscharakterart und die var. *aizoides* als „vermutliche *Seslerietalia*-Ordnungscharakterart“ an. Hieraus könnte geschlossen werden, daß die var. *montana* mehr oder minder stark auf Böden basischer Reaktion angewiesen und in Kalkrasengesellschaften nicht konkurrenzfähig ist, die var. *aizoides* dagegen kaum Ansprüche auf die Reaktion des Bodens stellt, in Kalkrasengesellschaften durchaus konkurrenzkräftig ist, humusarme Rohböden jedoch meidet.

12. *Draba dubia* Suter

a) Verbreitung und Vorkommen:

Das Areal von *Draba dubia* reicht in den Alpen von den Seealpen bis zu den Niederen Tauern. Sie wächst ziemlich zerstreut in Felsspalten und Steinschutt sowohl über kalkarmem wie über kalkreichem Gestein (Hegi 1958).

b) Soziologische Stellung:

Als Pflanze der Kalk-, Kieselkalk- und kalkfreien Silikat-Felsspaltengesellschaften gilt *Draba dubia* als Klassencharakterart der *Asplenietea rupestris* Br.-Bl. 1934.

c) Die Bodenazidität: Abb. 28a, S. 41

Von *Draba dubia*-Standortsböden liegen nur 24 pH-Messungen vor. Die gemessenen Werte liegen zwischen pH 6,6 und 8,3 und stammen ausschließlich von Kalkglimmerschieferrohböden aus dem Wallis und dem Glocknergebiet. Da keine Bodenproben von Standorten auf kalkfreiem Silikatgestein untersucht wurden, kann an Hand dieser Messungen keine Aussage über das ökologische Optimum der Art gemacht werden. Die Messungen zeigen jedoch, daß *Draba dubia* auf Böden basischer Reaktion häufig vorkommt und dort auch zur optimalen Entwicklung gelangt.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 14, S. 37; Abb. 28b, S. 41; Tab. 15, S. 37

Die Kulturversuche mit *Draba dubia* ergaben ein unerwartetes und nur schwer zu interpretierendes Ergebnis. Am besten gedieh *Draba dubia* bei Werten zwischen pH 4,0 und 5,0 sowie zwischen pH 7,5 und 8,0. Ausgesprochen schlecht dagegen war ihr Wachstum bei pH 3,0 sowie zwischen pH 6,0 und 7,0. Wie Abb. 28b deutlich zeigt, weist also *Draba dubia* in ihrem physiologischen Verhalten hinsichtlich der Reaktion des Substrates ein doppeltes Optimum auf. Der Verlauf der Kurve in Abb. 28b kann, wie Tab. 15 zeigt, durchaus als gesichert gelten.

pH-Messungen von Bodenproben aus Felsspalten und von Schuttstandorten in Kalkgesteinen und in kalkführenden Schiefen ergaben Werte, die meist über pH 7,0 liegen; Messungen von Bodenproben aus Felsspalten und von Schuttstandorten in kalkfreiem Silikatgestein ergaben Werte, die meist zwischen pH 4,0 und 5,5 liegen. Aus diesen Tatsachen ergeben sich gewisse Parallelen mit den Versuchsergebnissen. *Draba dubia* gedieh bei pH 3,0 nur sehr schlecht; in der Natur werden so tiefe Werte höchstens in reifen Podsol- oder in Hochmoorböden gemessen. Gut wächst *Draba dubia* bei pH-Werten zwischen 4,0 und 5,0; Werte dieses pH-Bereichs wurden in den Böden von kalkfreien Silikatfelsspalten und -schuttstandorten gemessen. Ebenfalls gut gedieh sie bei neutraler bis basischer Reaktion der Nährlösung; Werte dieses pH-Bereichs wiederum sind für Kalk- und kalkführende Silikatfelsspalten und -schuttstandorte charakteristisch. Schlechtes Wachstum zeigt *Draba dubia* im Bereich um pH 6,5; pH-Werte zwischen 6,0 und 7,0 sind aber selten in Felsspalten und Schuttstandorten anzutreffen, sondern sind vielmehr für Böden typisch die Kalkrasengesellschaften tragen, in denen *Draba dubia* nur sehr selten zu finden ist.

13. *Draba hoppeana* Rchb.

a) Vorkommen und Verbreitung:

Draba hoppeana ist ein Endemit der Zentralalpen. Ihr Areal reicht vom Aostatal bis zu den Radstädter Tauern, mit einigen Fundorten in den Südlichen Kalkalpen. Im Gegensatz zu der ihr sehr ähnlichen *Draba aizoides* ist sie ziemlich selten und kommt nur in Steinschutt- und Steingrusfluren, auf frischem, schneewasserdurchfeuchtetem Feinschutt, insbesondere über Kalkglimmerschiefer vor.

b) Soziologische Stellung:

Als namengebende Art der Ordnung bzw. des Verbandes der alpinen Kalkschieferschuttgesellschaften *Drabetalia hoppeanae* bzw. *Drabion hoppeanae*, stellt sie eine gute Ordnungs- bzw. Verbandscharakterart dar. Besonders häufig tritt sie im *Drabo-Saxifragetum* auf und kann somit auch als Assoziationscharakterart dieser Gesellschaft gelten.

c) Die Bodenazidität: Abb. 29a, S. 41

Wenngleich vereinzelt auch niedrigere pH-Werte gemessen wurden, so liegt das ökologische Optimum von *Draba hoppeana* doch eindeutig bei Werten zwischen pH 7,6 und 8,4 wie aus Abb. 29a zu ersehen ist. Die Meßwerte zwischen pH 4,4 und 6,2 stammen von Standortsböden ausgesprochener Kümmerexemplare in Mischgesellschaften zwischen *Androsacetum alpinae* und *Drabo-Saxifragetum*.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 16, S. 37; Abb. 29b, S. 41

Draba hoppeana zeigt im Kulturversuch bei pH 8,0 das beste Wachstum. Ausgesprochen schlecht gedeiht sie nur bei pH 3,0. Wie aus Abb. 29b klar hervorgeht, nimmt die Stoffproduktion von pH 8,0 nach pH 4,0 allmählich und gleichmäßig ab. Die Differenz zwischen den Punkten für pH 4,0 und pH 3,0 konnte statistisch einwandfrei gesichert werden. Da *Draba hoppeana* in Kultur sehr unter einem Pilzbefall litt und somit jeweils nur wenige Individuen zur Auswertung gelangten, konnten die Differenzen zwischen den Punkten für pH 8,0 bis pH 4,0 nur mit geringer Wahrscheinlichkeit gesichert werden.

Draba hoppeana hat also auch ihr physiologisches Optimum bei neutraler bis basischer Reaktion des Substrates, gedeiht aber auch noch bei schwach bis mäßig saurer Reaktion gut. Das Optimum im ökologischen Verhalten (vergl. Abb. 29a) ist wesentlich ausgeprägter; offensichtlich ist *Draba hoppeana* in Kalkrasengesellschaften, für die pH-Werte etwa zwischen pH 5,0 und 7,0 charakteristisch sind, nicht konkurrenzfähig.

14. *Gentiana nana* Wulf.

a) Vorkommen und Verbreitung:

Gentiana nana ist in den Alpen auf die Zentralalpen von Tirol, Salzburg und Kärnten beschränkt. Sie ist zwar meist recht selten, tritt aber gelegentlich auch häufiger auf, so vor allem auf frischen, basenreichen, schneewasserdurchfeuchteten Kalkglimmerschiefer-Moränenböden und -Bratschenhängen.

b) Soziologische Stellung:

Nach dem oben Gesagten ergibt sich die Stellung von *Gentiana nana* als Charakterart der Kalkschieferschuttesgesellschaften. Besonders häufig wurde sie im *Trisetetum spicati* gefunden und kann somit als Charakterart dieser Assoziation angesprochen werden.

c) Die Bodenazidität: Abb. 30, S. 41

Gentiana nana zeigt ein ausgeprägtes ökologisches Optimum bei basischer Reaktion des Bodens. Wie Abb. 30 zeigt, wurden nur Werte über pH 7,0 gemessen, am häufigsten Werte zwischen pH 7,8 und 8,0. In ihrem Vorkommen scheint demnach *Gentiana nana* auf hochalpine Kalkglimmerschieferrohböden basischer Reaktion beschränkt zu sein.

Obwohl von *Gentiana nana* reichlich Samenmaterial vorgelegen hatte, konnten doch keine Kulturversuche durchgeführt werden, da selbst nach Aussaat in Standortsböden und kräftigem Durchfrieren kein einziger Same zur Keimung gebracht werden konnte.

15. *Hutchinsia alpina* (Torner) R. Br.

a) Vorkommen und Verbreitung:

Hutchinsia alpina ist in den Gebirgen Mitteleuropas weit verbreitet. In der alpinen Stufe kommt sie auf basenreichen, rohen und lockeren Kalkschuttböden vor und ist mehr oder minder an kalkhaltiges Substrat gebunden.

b) Soziologische Stellung:

Hutchinsia alpina gilt als *Thlaspeion rotundifolii*-Verbandscharakterart, greift aber auch in Gesellschaften des *Epilobion fleischeri* und des *Arabidion caeruleae* über.

Tab. 10	<i>Artemisia mutellina</i> : t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen bei den Trockengewichtsbestimmungen
Tab. 11	<i>Braya alpina</i> : Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen
Tab. 12	<i>Braya alpina</i> : t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen bei den Trockengewichtsbestimmungen
Tab. 13	<i>Draba aizoides</i> : Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen
Tab. 14	<i>Draba dubia</i> : Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen
Tab. 15	<i>Draba dubia</i> : t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen bei den Trockengewichtsbestimmungen
Tab. 16	<i>Draba hoppeana</i> : Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen
Tab. 17	<i>Hutchinsia alpina</i> : Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen

pH	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0
	7,5	6,5			
7,0+6,5	1,3				
6,0	1,2	0,1			
5,0	1,4	0,3	0,1		
4,0	2,0	1,1	0,8	0,8	
3,0	6,2	5,2	3,8	4,2	3,0

Tab. 10: *Artemisia mutellina*

pH	8,0	7,5	6,5	5,0	4,0	4,0	3,0
		7,0	6,0			+K ⁺	
Trockengew. mg	603	760	706	142	78	69	56
	%	79	100	93	19	10	9
Fm ± mg	130	40	52	19	14	5	7
Fm ± %	21	5	7	13	19	8	13
Wachstumsstand							
25.5.	4,7	4,9	5,0	4,6	4,6	5,0	4,8
1.6.	4,7	5,0	5,0	3,9	3,8	4,2	4,2
11.6.	4,0	5,0	4,8	5,0	3,0	3,0	3,0
19.6.	4,1	5,0	4,7	2,6	2,4	1,1	1,7
24.6.	4,3	5,0	4,8	2,9	2,4	0,4	0,7
29.6.	4,6	5,0	4,8	3,0	2,1	0,3	0,2
2.7.	4,6	5,0	4,9	3,0	2,0	0,1	0,1

Tab. 11: *Braya alpina*

pH	8,0	7,5	6,5	5,0	4,0
		7,0	6,0		
7,5+7,0	1,2				
6,5+6,0	0,7	0,8			
5,0	3,5	14,0	10,1		
4,0	4,0	16,2	11,6	2,7	
3,0	4,2	17,2	12,5	4,3	1,4

Tab. 12: *Braya alpina*

pH	8,0	7,0	6,0	4,0	3,0
	7,5	6,5	5,0		
Trockengew. mg	153	132	125	124	17
	%	100	86	82	81
Fm ± mg	42	30	19	27	3
Fm ± %	27	23	15	22	16
Wachstumsstand					
25.5.	4,8	5,0	4,5	4,5	4,4
1.6.	4,9	5,0	4,5	4,5	3,8
11.6.	5,0	4,8	4,5	4,5	1,6
19.6.	4,5	4,4	4,4	4,8	0,8
24.6.	4,5	4,5	4,4	4,8	0,6
29.6.	4,5	4,2	4,3	4,3	0,2
2.7.	4,3	4,2	4,1	4,3	0,2

Tab. 13: *Draba aizoides*

pH	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,0	4,0	4,0	3,0
								+K ⁺	
Trockengew. mg	158	157	143	86	132	161	166	106	57
	%	95	95	86	52	79	97	100	64
Fm ± mg	49	37	35	31	23	30	17	13	8
Fm ± %	31	24	25	36	18	19	10	13	14
Wachstumsstand									
25.5.	5,0	4,9	5,0	5,0	4,9	4,9	4,8	4,7	5,0
1.6.	5,0	4,9	5,0	5,0	4,8	5,0	4,8	4,8	4,9
11.6.	4,8	4,7	4,8	4,5	4,8	4,6	4,7	4,7	4,6
19.6.	4,6	4,1	4,2	4,0	4,2	4,1	4,8	4,5	3,4
24.6.	3,8	4,1	4,0	3,3	4,0	4,3	4,8	4,2	3,3
29.6.	3,6	4,1	3,8	3,2	4,0	4,3	4,7	3,8	3,0
2.7.	3,8	3,9	3,7	2,5	4,1	4,0	4,8	3,3	2,1

Tab. 14: *Draba dubia*

pH	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,0	4,0
7,5	0,02						
7,0	0,25	0,27					
6,5	1,36	1,68	1,39				
6,0	0,48	0,57	0,26	1,48			
5,0	0,01	0,01	0,39	2,03	0,76		
4,0	0,16	0,22	0,59	2,96	1,17	0,15	
3,0	2,04	2,64	2,40	1,26	3,12	3,46	5,72

Tab. 15: *Draba dubia*

pH	8,0	7,5	6,5	5,0	3,0
		7,0	6,0	4,0	
Trockengew. mg	115	105	96	79	24
	%	100	91	83	69
Fm ± mg	56	10	14	16	18
Fm ± %	49	9	15	20	75
Wachstumsstand					
25.5.	5,0	4,5	4,3	4,2	4,0
1.6.	5,0	4,4	4,3	3,6	4,0
11.6.	5,0	5,0	4,7	4,1	3,5
19.6.	4,5	4,8	4,5	4,3	3,0
24.6.	4,5	4,7	4,5	4,1	2,0
29.6.	4,0	4,4	4,3	4,0	2,0
2.7.	4,0	4,5	4,3	4,0	1,5

Tab. 16: *Draba hoppeana*

pH	8,0	7,5	6,5	5,0	3,0
		7,0	6,0	4,0	
Trockengew. mg	108	148	147	124	80
	%	73	100	99	84
Fm ± mg	14	10	27	33	3
Fm ± %	13	7	18	26	4
Wachstumsstand					
25.5.	4,8	5,0	4,9	4,9	4,3
1.6.	4,8	5,0	4,9	4,9	4,5
11.6.	4,5	5,0	4,5	4,6	3,5
19.6.	4,5	5,0	4,0	4,5	2,8
24.6.	4,3	4,9	3,7	4,0	1,3
29.6.	4,0	4,5	3,2	3,6	0,8
2.7.	3,0	3,5	3,1	3,0	0,0

Tab. 17: *Hutchinsia alpina*

c) Die Bodenazidität: Abb. 31a, S. 41

Die pH-Messungen von *Hutchinsia alpina*-Standortsböden ergaben Werte zwischen pH 4,7 und 8,8; am häufigsten wurden Werte zwischen pH 7,6 und 8,2 gemessen. L. Zollitsch (1927) gibt 8 Messungen mit Werten zwischen pH 6,56 und 7,74 an. Melchers (1932) fand bei 83 Messungen Werte zwischen pH 6,2 und 8,0, am häufigsten zwischen pH 7,2 und 7,6. In Abb. 31a sind die eigenen Messungen mit den Messungen von L. Zollitsch und Melchers gemeinsam dargestellt.

Wenngleich *Hutchinsia alpina* auch in Böden schwach bis mäßig saurer Reaktion gefunden wurde, so liegt ihr ökologisches Optimum doch einwandfrei bei basischer Reaktion des Bodens, etwa bei pH-Werten zwischen 7,2 und 8,0. Die Meßergebnisse von Werten zwischen pH 4,7 und 5,6 stammen sämtlich von mehr oder minder kalkfreien Schieferrohböden, die jedoch in unmittelbarer Nachbarschaft von kalkhaltigem Gestein liegen. Es wäre denkbar, daß die Verhältnisse dieser Böden durch Sickerwasser aus dem umgebenden Gestein sowie durch Flugstaub in einer für *Hutchinsia alpina* günstigen Weise beeinflusst werden.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 17, S. 37; Abb. 31b, S. 41; Tab. 18, S. 41

In Abb. 31b sind die Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen graphisch dargestellt. Wie daraus zu ersehen ist, stehen im basischen Bereich die Versuchsergebnisse im Widerspruch zu den Messungen der Bodenazidität. Die Stoffproduktion war im Kulturversuch zwischen pH 6,0 und 7,5 am größten und läßt sowohl im alkalischen Bereich nach pH 8,0 hin, als auch im sauren Bereich nach pH 3,0 hin deutlich nach. Der Verlauf der Kurve in Abb. 31b konnte, wie Tab. 18 zeigt, statistisch gesichert werden. Im Gegensatz zum ökologischen Optimum der Art, das ganz bei basischer Reaktion des Substrates liegt, zeigt *Hutchinsia alpina* ein physiologisches Optimum um den Neutralpunkt bei Werten zwischen pH 6,0 und 7,5.

16. *Hutchinsia brevicaulis* Hoppe

a) Verbreitung und Vorkommen:

Die Verbreitung von *Hutchinsia brevicaulis* in den Alpen beschränkt sich vor allem auf die Zentralalpen vom Dauphiné bis zum Lungau; sie wurde auch, wenngleich recht selten, in den Südalpen gefunden. Im Gegensatz zu *Hutchinsia alpina* bevorzugt *H. brevicaulis* schneefeeuchte, nährstoffreiche Feinschuttböden der alpinen bis nivalen Stufe.

b) Soziologische Stellung:

Hutchinsia brevicaulis stellt eine gute Verbandscharakterart des *Arabidion caeruleae* Br.-Bl. 1926 dar. Entsprechend der engen Beziehungen und der oft zahlreichen Übergänge zwischen den Gesellschaften des *Arabidion caeruleae* einerseits und den Gesellschaften des *Thlaspeion rotundifolii* und des *Drabion hoppeanae* andererseits, kommt *Hutchinsia brevicaulis* auch oft in den Gesellschaften dieser Verbände vor.

c) Die Bodenazidität: Abb. 32a, S. 41

Von den 118 eigenen Messungen stammt der Großteil von Bodenproben aus dem Glocknergebiet, die übrigen von Bodenproben aus dem Wallis, den Zillertaler Alpen und den Radstädter Tauern. Die gemessenen Werte liegen zwischen pH 4,7 und 8,6, ihr Mittel bei pH 7,8. Eine deutliche Häufung der Werte tritt zwischen pH 7,7 und 8,5 auf. Melchers (1932) gibt für *Hutchinsia brevicaulis*, ohne die sogenannte „Dolomitenrasse“, Werte zwischen pH 5,5 und 7,5, mit einem Mittel bei pH 6,7 an. Im Gegensatz zu Melchers, der für *Hutchinsia brevicaulis* im Durchschnitt niedrigere pH-Werte fand als für *Hutchinsia alpina*, liegen meine Messungen für *H. brevicaulis* höher als für *H. alpina*. In Abb. 32a sind die eigenen Messungen gemeinsam mit den Messungen von Melchers dargestellt. Da meine Messungen hauptsächlich von Standorten in Drabion hoppeanae-Gesellschaften stammen, sind die hohen pH-Werte verständlich; sie ergeben im Diagramm (Abb. 32a) das Optimum zwischen pH 8,0 und 8,5. Die Messungen von Melchers dagegen stammen im wesentlichen von Böden typischer Kalkschneebodengesellschaften; sie ergeben im Diagramm (Abb. 32a) das Optimum zwischen pH 6,6 und 7,4. Von Schneebodengesellschaften über Kalkglimmerschieferschutt liegen nur wenige Messungen vor; sie kommen in der Hauptsache zwischen den beiden Optima zu liegen. Für *Hutchinsia brevicaulis* ergibt sich somit ein recht breites ökologisches Optimum etwa zwischen pH 6,6 und 8,5.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 19, S. 41; Abb. 32b, S. 41

Hutchinsia brevicaulis gedieh im Kulturversuch nur bei pH 3,0 ausgesprochen schlecht. Bei pH 4,0 bis pH 8,0 waren Wachstum und Stoffproduktion etwa gleich. In Abb. 32b sind die Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen wiedergegeben. Nur der deutliche Abfall der Kurve von pH 4,0 und pH 3,0 konnte statistisch gesichert werden. Melchers (1932) fand bei seinen Kulturversuchen in natürlichen Böden, daß *H. brevicaulis* nur in kalkhaltigen Böden gut gedeiht. Er konnte feststellen, daß in einem von Natur aus kalkfreien Boden das Wachstum selbst durch Zugabe von Calciumsulfat gefördert wurde. Da in den hier beschriebenen Versuchen bei allen pH-Stufen die gleiche Menge Ca^{++} -Ionen vorhanden war, liegt der Schluß nahe, daß das bessere Wachstum von *H. brevicaulis* vor allem an die Anwesenheit von Ca^{++} -Ionen im Substrat gebunden ist, und erst im stark sauren Bereich (pH 3,0) die hohe Wasserstoffionenkonzentration für das schlechte Wachstum ausschlaggebend wird.

17. *Kobresia myosuroides* (Vill.) Viv. & Pall.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Kobresia myosuroides ist in den Alpen weit verbreitet. In Humuspolstern, auf trockenen Grasmatten, auf Kies- und Felsböden u. ä. in einer Höhe von etwa 1800 bis 3100 m kann sie stellenweise dominierend auftreten.

b) Soziologische Stellung:

Kobresia myosuroides gilt allgemein als Charakterart des *Elynetum* Br.-Bl. 1913 (bzw. *Kobresietum myosuroidis* Br.-Bl. 1913), greift aber auch in andere Rasen- und in Rohbodengesellschaften über.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwar keine speziellen Sukzessionsstudien durchgeführt, doch konnte klar erkannt werden, daß die *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften, insbesondere das *Drabo-Saxifragetum* und das *Trisetetum spicati* eine Entwicklung zu *Kobresia myosuroides*-reichen Gesellschaften zeigen. Diese haben aber, obwohl *Kobresia myosuroides* stellenweise dominierend auftritt, nur wenig mit dem klassischen *Elynetum* der wind- und kälteexponierten Gratlagen gemein. Da eine Bearbeitung dieser Gesellschaften noch aussteht, können über den Wert von *Kobresia myosuroides* als Charakterart keine weiteren Angaben gebracht werden.

-
- Tab. 18 *Hutchinsia alpina*: t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen bei den Trocken-
- Tab. 19 *Hutchinsia brevicaulis*: Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstums-schätzungen
- Tab. 20 *Silene nutans*: Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen gewichtsbestimmungen
- Abb. 27 *Draba aizoides*:
- a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 52 Messungen; 9 Messungen = 100%
 - b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 153 mg = 100%
- Abb. 28 *Draba dubia*:
- a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 24 Messungen; 6 Messungen = 100%
 - b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 166 mg = 100%
- Abb. 29 *Draba hoppeana*:
- a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 116 Messungen; 24 Messungen = 100%
 - b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 115 mg = 100%
- Abb. 30 *Gentiana nana*: relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 38 Messungen; 12 Messungen = 100%
- Abb. 31 *Hutchinsia alpina*:
- a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 163 Messungen; 35 Messungen = 100%
 - b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 148 mg = 100%
- Abb. 32 *Hutchinsia brevicaulis*:
- a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 187 Messungen; 27 Messungen = 100%
 - b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 186 mg = 100%
- Abb. 33 *Kobresia myosuroides*: relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 100 Messungen; 22 Messungen = 100%
- Abb. 34 *Linaria alpina*: relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 158 Messungen; 36 Messungen = 100%

pH	8,0	7,5	6,5	5,0
	7,0	6,0	4,0	
7,5+7,0	2,35			
6,5+6,0	1,30	0,03		
5,0+4,0	0,44	0,78	0,54	
3,0	2,00	6,80	2,38	1,33

Tab. 18: *Hutchinsia alpina*

pH	8,0	7,0	6,0	4,0	3,0
	7,5	6,5	5,0		
Trockengew. mg	186	164	182	166	40
%	100	88	98	89	21
Fm ± mg	57	54	47	36	15
Fm ± %	31	33	26	21	37
Wachstumsstand					
25.5.	4,7	4,5	4,4	4,3	4,4
1.6.	4,9	4,8	4,3	4,3	4,0
11.6.	4,8	4,5	4,2	4,3	3,2
19.6.	4,3	4,6	4,4	4,4	2,8
24.6.	4,1	4,2	4,3	4,3	2,2
29.6.	3,4	3,5	3,9	4,0	1,4
2.7.	3,4	3,1	3,9	3,9	0,2

Tab. 19: *Hutchinsia brevicaulis*

pH	8,0	7,5	6,5	5,0	4,0	3,0
	7,0	6,0				
Trockengew. mg	623	641	544	605	533	571
%	97	100	87	94	83	89
Fm ± mg	114	68	79	88	105	72
Fm ± %	18	11	13	13	20	13
Wachstumsstand						
25.5.	4,8	4,8	4,9	4,8	5,0	4,9
1.6.	5,0	4,9	4,9	4,8	5,0	4,9
11.6.	4,6	4,8	4,8	4,7	4,8	4,9
16.6.	4,4	4,8	4,6	4,5	4,2	4,7
24.6.	4,4	4,7	4,4	4,3	4,1	4,7
29.6.	4,4	4,7	4,3	4,2	3,9	4,7
2.7.	4,5	4,7	4,0	4,2	3,9	4,8

Tab. 20: *Silene nutans*

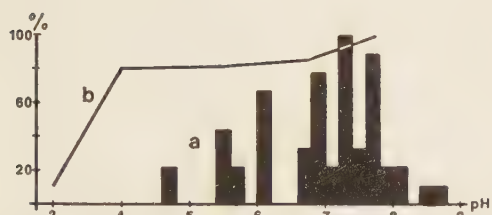


Abb. 27: *Draba aizoides*



Abb. 31: *Hutchinsia alpina*

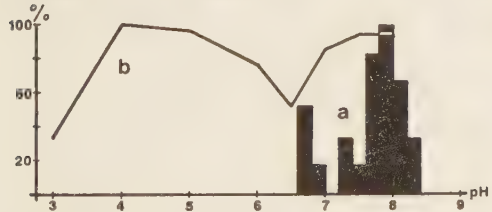


Abb. 28: *Draba dubia*

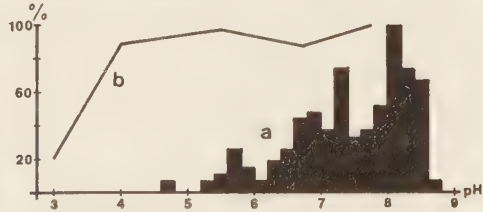


Abb. 32: *Hutchinsia brevicaulis*

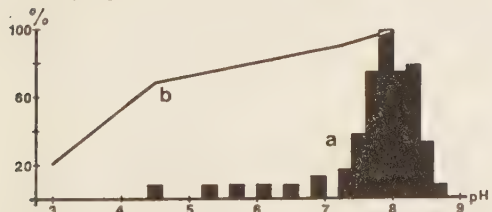


Abb. 29: *Draba hoppeana*

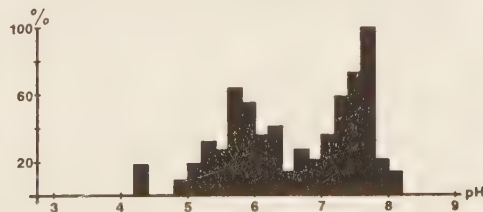


Abb. 33: *Kobresia myosuroides*

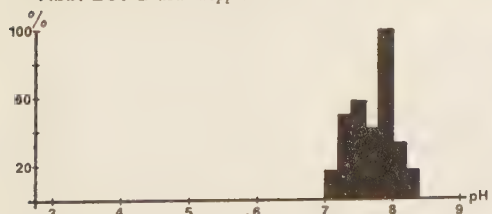


Abb. 30: *Gentiana nana*

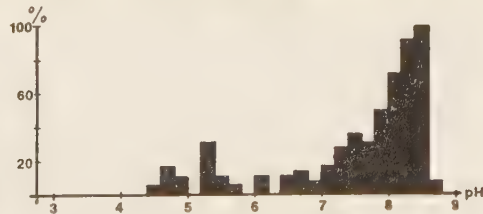


Abb. 34: *Linaria alpina*

c) Die Bodenazidität: Abb. 33, S. 41

Jenny (1926) bringt Messungen von „50 Proben von *Elyna*-Beständen aus dem Ofengebiet, Mittelbünden und Tirol“, mit Werten zwischen pH 5,2 und 7,2, bei einem Mittel von pH 6,06. Als Variationsbreite für 100 Exemplare gibt er pH 7,0 bis 5,0 an. Meine Meßergebnisse stimmen damit jedoch nur wenig überein. Bei 100 Messungen fand ich Werte zwischen pH 4,2 und 8,2, am häufigsten Werte zwischen pH 7,2 und 7,8. Die Bodenproben, die eine neutrale bis basische Reaktion zeigten, stammten meist von Kalkglimmerschieferstandorten, die *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften oder die in der Sukzession darauf folgenden Gesellschaften tragen. Wenngleich die bei Jenny angegebene pH-Variationskurve für das *Elynetum* Br.-Bl. 1913 zutreffen mag, so kann sie doch nicht für alle *Kobresia myosuroides*-Gesellschaften und auch nicht für die Art *Kobresia myosuroides* gelten. Wenn überhaupt möglich, so könnte für *Kobresia myosuroides* ein ökologisches Optimum bei pH-Werten zwischen 5,2 und 8,0 angegeben werden.

18. *Linaria alpina* (L.) Mill.

a) Vorkommen und Verbreitung:

Linaria alpina ist in den Gebirgen West-, Mittel-, Süd- und Südosteuropas weit verbreitet. Als typische Schuttpflanze siedelt sie vornehmlich auf Schutthängen, Moränen, alluvialem Geröll, Erdabrissen und ähnlichen offenen Rohböden. Sie kommt sowohl über Kalk und Kalkschiefer als auch über kalkfreiem Silikatgestein vor, wenngleich sie auf Kalk und Kalkschiefern häufiger zu finden ist. Ihre Hauptverbreitung hat sie in der subalpinen und alpinen Höhenstufe, geht aber entlang der Flüsse bis ins Alpenvorland.

b) Soziologische Stellung:

Entsprechend ihrem Vorkommen stellt *Linaria alpina* eine gute Klassencharakterart der Steinschuttgesellschaften und Geröllfluren (*Thlaspeetea rotundifolia* Br.-Bl. 1947) dar.

c) Die Bodenazidität: Abb. 34, S. 41

Für eine Klassencharakterart der Steinschuttgesellschaften wäre zu fordern, daß sie einerseits häufig bei pH-Werten etwa zwischen 7,0 und 8,5 und andererseits häufig bei pH-Werten etwa zwischen 4,0 und 6,0 vorkommt. Der erstgenannte pH-Bereich entspricht den Standorten auf Kalk und auf Kalkschiefern, der letztgenannte den Standorten auf kalkfreiem Silikatgestein. pH-Werte zwischen 6,0 und 7,0 sind für Böden von Kalkrasengesellschaften typisch. Wie Abb. 34 zeigt, entspricht *Linaria alpina* in ihrem ökologischen Verhalten ganz dieser Forderung. Sie weist also zwei ökologische Optima auf: das eine liegt bei Werten zwischen pH 7,2 und 8,6 und kommt in Abb. 34 sehr deutlich zum Ausdruck; das zweite Optimum liegt bei Werten zwischen pH 4,5 und 5,6 und ist im Diagramm in Abb. 34 weniger stark ausgeprägt, da *Linaria alpina* auf kalkhaltigem Gestein häufiger auftritt, als auf kalkfreiem Gestein, und da die Standorte im kalkfreien Silikatgestein weniger intensiv untersucht wurden.

19. *Pedicularis asplenifolia* Floerke

a) Verbreitung und Vorkommen:

Pedicularis asplenifolia kommt sowohl in den Ostalpen als auch in den Ostkarpaten vor. Im allgemeinen ist sie recht selten; nur in sickerfrischen Triften und Schuttfluren über Kalkglimmerschiefer in einer Höhe von etwa 1900 bis 2800 m tritt sie stellenweise etwas häufiger auf.

b) Soziologische Stellung:

Wie bereits Braun-Blanquet (1949) angibt, stellt *Pedicularis asplenifolia* eine Assoziationscharakterart des *Drabo-Saxifragetum* dar. Gelegentlich greift sie auch in andere *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften über, wurde jedoch nur sehr selten in Gesellschaften anderer Verbände gefunden.

c) Die Bodenazidität: Abb. 35, S. 47

Pedicularis asplenifolia zeigt, wie nach ihrer soziologischen Stellung zu erwarten war, ein ökologisches Optimum bei Werten zwischen pH 7,0 und 8,0. Hegi (1918), Vierhapper (1935), Janchen (1958) u. a. geben zwar *Pedicularis asplenifolia* als „azidiphile“ Art an, die „zumeist über kalkarmer Unterlage“ und „fast nur auf Urgestein“ vorkommt, doch dürften diese Angaben auf einer Nichtbeachtung der Sonderstellung der Kalkglimmerschiefer innerhalb der „Urgesteinsalpen“ beruhen; Ähnliches wurde bereits für *Artemisia genipi* erwähnt.

20. *Ranunculus glacialis* L.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Ranunculus glacialis weist nach Merxmüller (1963) eine „(atlantisch-)arktisch-alpine“ Verbreitung auf. Besonders in den Zentralalpen tritt er in ständig von Schmelzwasser durchfeuchtetem Felsschutt, auf kalkarmen bis kalkfreien Böden recht häufig auf.

b) Soziologische Stellung:

Als typische Silikatschuttpflanze stellt *Ranunculus glacialis* eine gute Ordnungscharakterart der *Androsacetalia alpinae* Br.-Bl. 1926 dar.

c) Die Bodenazidität: Abb. 36, S. 47

Braun-Blanquet (1913), Vierhapper (1935), Janchen (1957) u. a. geben *Ranunculus glacialis* als „kieselholde“ Art an, die „nur auf Urgestein und Schiefer“ vorkommt. Diese Angaben decken sich mit meinen Beobachtungen und Bodenanalysen. Wie Abb. 36 zeigt, weist *Ranunculus glacialis* ein deutliches ökologisches Optimum bei mäßig saurer Reaktion des Substrates auf. Interessant ist, daß er aber auch, wenngleich recht selten, auf Böden neutraler bis schwacher basischer Reaktion gefunden wurde. Hieraus wird sein gelegentliches Vorkommen in *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften verständlich.

21. *Salix serpyllifolia* Scop.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Salix serpyllifolia, ein Endemit der Alpen, ist vor allem in den Zentralalpen weit verbreitet. Auf meist kalkhaltigen, mehr oder minder trockenen, felsigen und grusigen Böden der alpinen Stufe tritt sie stellenweise dominierend auf.

b) Soziologische Stellung:

Nach Oberdorfer (1962) stellt *Salix serpyllifolia* „wohl“ eine *Seslerietalia*-Ordnungscharakterart dar. Da meine Untersuchungen ergaben, daß *Salix serpyllifolia* ihr ökologisches Optimum in Kalkschieferschuttgesellschaften aufweist, muß sie jedoch als wenigstens schwache *Drabion hoppeanae*-Verbands- bzw. *Drabetalia hoppeanae*-Ordnungscharakterart bezeichnet werden. Gelegentlich tritt sie auch faciesbildend auf.

c) Die Bodenazidität: Abb. 37, S. 47

Für *Salix serpyllifolia* ergab sich ein deutliches ökologisches Optimum bei pH-Werten zwischen 7,4 und 8,2. Sie wurde jedoch auch in schwach bis mäßig sauren Böden (bis pH 4,3) gefunden.

22. *Saxifraga biflora* All.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Das Areal von *Saxifraga biflora* erstreckt sich von den Seealpen bis nach Kärnten und Salzburg und umfaßt in der Hauptsache nur die zentralen Züge der Alpen. Auf offenen, ständig durch Schmelzwasser durchfeuchteten Kalkglimmerschieferschutthängen, Moränenböden, Bratschenhängen, in Grusmulden u. ä. kann sie stellenweise recht häufig auftreten.

b) Soziologische Stellung:

Saxifraga biflora ist eine Charakterart des *Saxifragetum biflorae*. Sie kommt gelegentlich auch in anderen *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften vor und greift auch in *Thlaspeion rotundifolii*-Gesellschaften, vor allem ins *Leontodontetum montani* über.

c) Die Bodenazidität: Abb. 38, S. 47

Die pH-Messungen von Standortsböden ergaben am häufigsten Werte über pH 8,0. *Saxifraga biflora* hat also ihr ökologisches Optimum eindeutig bei basischer Reaktion des Bodens. Unverständlicherweise gibt Hackel (1868) an, daß *Saxifraga biflora* „Kalkglimmerschiefer meidet“, doch bereits Vierhapper (1935) widerspricht dem und bezeichnet sie als „anscheinend Kalkschiefer bevorzugende“ Art. Janchen (1957) jedoch bringt als Angabe über ihr Vorkommen: „fast nur auf Urgestein, aber selten auf Kalk“. Es kann jedoch kein Zweifel bestehen, daß *Saxifraga biflora* in ihrem Vorkommen im wesentlichen auf Kalkschiefer, speziell auf Kalkglimmerschiefer beschränkt ist. Die Literaturangaben über das Vorkommen von *Saxifraga biflora* geben ein gutes Beispiel, wie verwirrend Ausdrücke wie „Urgestein“ sein können.

23. *Saxifraga bryoides* L.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Saxifraga bryoides ist in den höheren Lagen der Alpen, etwa zwischen 1800 und 4000 m weit verbreitet. Nur in den nordöstlichen Kalkalpen fehlt sie völlig. Auf frischen, kalkarmen bis kalkfreien Schutthängen und Moränenböden, in Felsspalten und im offenen Rasen ist sie recht häufig anzutreffen.

b) Soziologische Stellung:

Entsprechend ihrem bevorzugten Vorkommen auf Rohböden kalkfreier Silikatgesteine, stellt *Saxifraga bryoides* eine Verbandscharakterart des *Androsacion alpinae* dar. Relativ häufig tritt sie auch in Gesellschaften des Verbandes *Androsacion vandellii* Br.-Bl. 1926 auf. Gelegentlich ist sie auch in Übergangsgesellschaften zwischen *Androsacion alpinae*- und *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften zu finden.

c) Die Bodenazidität: Abb. 39, S. 47

Wie nach ihrem Vorkommen und ihrer soziologischen Stellung zu erwarten war, zeigt *Saxifraga bryoides* ein ökologisches Optimum bei mäßig saurer Reaktion des Bodens, etwa bei pH-Werten zwischen 4,2 und 5,6. Ihr wenngleich recht seltenes Vorkommen bei schwach saurer bis neutraler Reaktion des Bodens macht ihr bereits oben erwähntes Auftreten in Übergangsgesellschaften zwischen *Androsacion alpinae*- und *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften verständlich.

24. *Saxifraga oppositifolia* L.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Saxifraga oppositifolia ist in den Alpen weit verbreitet und tritt auf Rohböden jeder Art stellenweise sehr häufig auf. Sie scheint gegenüber der Unterlage völlig anspruchslos zu sein, doch wurde sie besonders häufig und mit besonders hoher Vitalität auf Kalkglimmerschiefer-schuttböden gefunden.

b) Soziologische Stellung:

Meist wird *Saxifraga oppositifolia* in pflanzensoziologischen Tabellen als Begleiter aufgeführt. Da sie jedoch auf Schuttböden wesentlich häufiger vorkommt, als in Felsspalten oder in offenen Rasen, kann sie wohl als *Thlaspeetea rotundifolii*-Klassencharakterart gelten. Auch Oberdorfer (1962) bezeichnet sie als „*Thlaspeetea rotundifolii*-Art“.

c) Die Bodenazidität: Abb. 40, S. 47

An Hand Abb. 40 liegt der Schluß nahe, daß *Saxifraga oppositifolia* ihr ökologisches Optimum einwandfrei bei basischer Reaktion des Bodens habe. Es darf hierbei jedoch nicht übersehen werden, daß dem Thema dieser Arbeit entsprechend wesentlich häufiger Standorte in Kalkglimmerschieferschutt als solche in kalkfreiem Silikatschutt untersucht wurden. Dieser Umstand scheint mir aber wiederum nicht zu genügen, das doch sehr deutliche Optimum bei pH-Werten zwischen 7,4 und 8,4 ganz außer acht zu lassen. Entsprechend den Angaben bei Vierhapper (1935) und Oberdorfer (1962), die *Saxifraga oppositifolia* als „kalkhaltige Unterlage bevorzugende“ bzw. „auf meist kalkhaltigen Steinschuttböden“ vorkommende Art bezeichnen, kann für *Saxifraga*

oppositifolia ein deutliches ökologisches Optimum bei basischer Reaktion des Bodens, sowie ein wesentlich schwächeres ökologisches Optimum bei mäßig saurer Reaktion, etwa zwischen pH 4,5 und 6,0 angegeben werden.

25. *Saxifraga rudolphiana* Hornsch.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Saxifraga rudolphiana ist in den Zentralalpen der Schweiz und Österreichs weit verbreitet. Sie bevorzugt offene, lange schneebedeckte, durch Schmelzwasser ständig gut durchfeuchtete, meist grusige oder sandige Kalkglimmerschieferschuttböden in der alpinen bis nivalen Höhenstufe.

b) Soziologische Stellung:

Braun-Blanquet (1931) gibt *Saxifraga rudolphiana* als *Thlaspeetalia rotundifolii*-Ordnungscharakterart an, Wendelberger (1953) dagegen als *Androsacetalia alpinae*-Ordnungscharakterart. Wie meine Untersuchungen ergaben, stellt *Saxifraga rudolphiana* jedoch eine gute *Drabion hoppeanae*-Verbands- bzw. *Drabetalia hoppeanae*-Ordnungscharakterart dar. Diese Tatsachen zeigen deutlich, wie Gesellschaften, die auf Kalkglimmerschieferschuttböden beobachtet wurden, einmal zu den Kalkschuttgesellschaften (*Thlaspeetalia rotundifolii*) und einmal zu den Silikatschuttgesellschaften (*Androsacetalia alpinae*) gerechnet wurden, ihre systematische Stellung bislang also völlig unklar war. Besonders häufig tritt *Saxifraga rudolphiana* im *Drabo-Saxifragetum* auf und kann somit gleichzeitig als Assoziationscharakterart dieser Gesellschaft gelten.

c) Die Bodenazidität: Abb. 41, S. 47

Saxifraga rudolphiana zeigt, ihrem Vorkommen und ihrer soziologischen Stellung entsprechend, ein deutliches ökologisches Optimum bei basischer Reaktion des Bodens, etwa bei pH-Werten zwischen 7,6 und 8,6. Gelegentlich kommt sie auch in Schnee-bodengesellschaften auf etwas versauerten Böden vor.

-
- Abb. 35 *Pedicularis asplenifolia*: relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 42 Messungen; 13 Messungen = 100%
- Abb. 36 *Ranunculus glacialis*: relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 34 Messungen; 9 Messungen = 100%
- Abb. 37 *Salix serpyllifolia*: relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 124 Messungen; 32 Messungen = 100%
- Abb. 38 *Saxifraga biflora*: relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 46 Messungen; 23 Messungen = 100%
- Abb. 39 *Saxifraga bryoides*: relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 60 Messungen; 12 Messungen = 100%
- Abb. 40 *Saxifraga oppositifolia*: relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 450 Messungen; 85 Messungen = 100%
- Abb. 41 *Saxifraga rudolphiana*: relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 72 Messungen; 16 Messungen = 100%
- Abb. 42 *Sesleria ovata*: relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 78 Messungen; 20 Messungen = 100%
- Abb. 43 *Silene nutans*: relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 641 mg = 100%
- Abb. 44 *Trisetum spicatum*: relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 30 Messungen; 13 Messungen = 100%



Abb. 35: *Pedicularis asplenifolia*

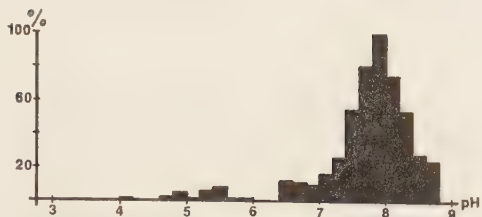


Abb. 40: *Saxifraga oppositifolia*

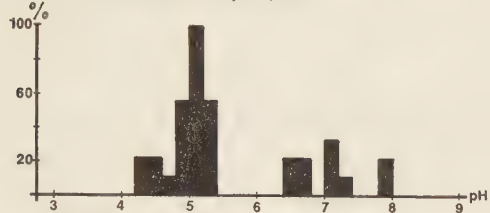


Abb. 36: *Ranunculus glacialis*

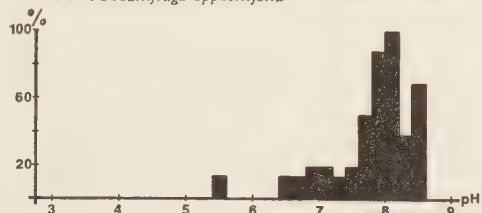


Abb. 41: *Saxifraga rudolphiana*

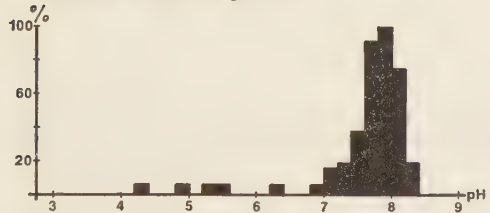


Abb. 37: *Salix serpyllifolia*

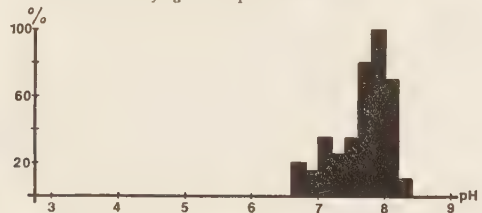


Abb. 42: *Sesleria ovata*

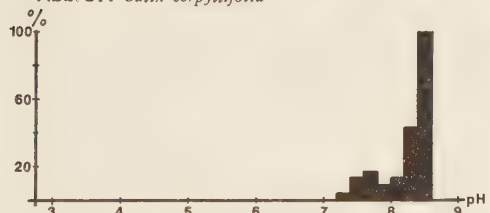


Abb. 38: *Saxifraga biflora*

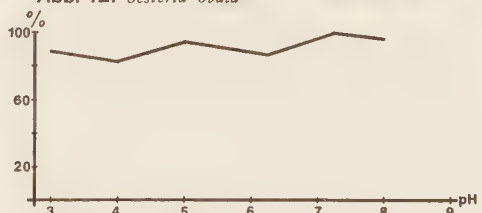


Abb. 43: *Silene nutans*

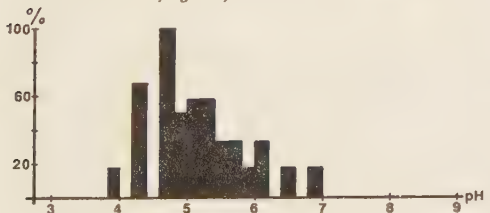


Abb. 39: *Saxifraga bryoides*

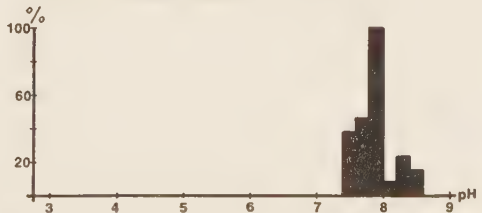


Abb. 44: *Trisetum spicatum*

26. *Sesleria ovata* (Hoppe) Kern.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Sesleria ovata ist ein Endemit der Ostalpen. Auf frischen, basenreichen, kalkhaltigen, meist gut durchfeuchteten Schuttböden tritt sie gelegentlich herdenweise auf.

b) Soziologische Stellung:

Lippert (1966) bezeichnet *Sesleria ovata* als lokale Charakterart der *Crepis terglouensis*-Gesellschaft Oberd. 1950 in den Berchtesgadener Alpen. In den Radstädter Tauern, den Hohen Tauern und den Zillertaler Alpen fand ich *Sesleria ovata* fast ausschließlich in *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften, vor allem im *Drabo-Saxifragetum*. Für die Zentralalpen muß deshalb *Sesleria ovata* als lokale Charakterart des *Drabo-Saxifragetum* bzw. als lokale Verbandscharakterart des *Drabion hoppeanae* angesehen werden. Stellenweise tritt sie faciesbildend auf; so konnte das von Oberdorfer (1959) als Provisorium beschriebene *Seslerietum ovatae* als *Sesleria ovata*-Facies zum *Drabo-Saxifragetum* gestellt werden.

c) Die Bodenazidität: Abb. 42, S. 47

Die Ergebnisse der pH-Messungen von Standortsböden entsprechen der Einstufung von *Sesleria ovata* als *Drabion hoppeanae*-Verbandscharakterart. Wie Abb. 42 zeigt, liegt ihr ökologisches Optimum bei Werten etwa zwischen pH 7,6 und 8,2.

27. *Silene nutans* L.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Silene nutans ist in Europa weithin verbreitet und kommt in mageren Wiesen, an Waldrändern, in Bergwiesen, an Felsen, im Steinschutt u. ä., von der Ebene bis in die alpine Stufe stellenweise recht häufig vor.

b) Soziologische Stellung:

Entsprechend ihrer weiten Verbreitung und ihres kaum spezialisierten Vorkommens wird *Silene nutans* meist als Begleiter aufgeführt. In manchen Fällen kann sie als mehr oder weniger lokale Differentialart einer Assoziation oder Subassoziation auftreten.

c) Die Bodenazidität:

Von *Silene nutans* liegen keine Untersuchungen der Standortsböden vor.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 20, S. 47; Abb. 43, S. 47

Als Pflanze, die kaum irgendeinen bestimmten Anspruch an das Substrat und den Standort stellt, schien *Silene nutans* als Vergleichspflanze für die Kulturversuche gut geeignet zu sein. Erwartungsgemäß zeigte *Silene nutans* keinerlei Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung. Als einzige Pflanze gedieh sie auch bei pH 3,0 noch gut. Abb. 43 zeigt die Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen. Keine der in dieser Kurve auftretenden Differenzen konnte statistisch gesichert werden.

Silene nutans verhält sich also in Kultur gegenüber einer Änderung der Wasserstoffionenkonzentration im Substrat vollkommen indifferent und zeigt somit an, daß die bei den übrigen Versuchspflanzen beobachteten Unterschiede im Wachstum artspezifisch sind.

28. *Trisetum spicatum* (L.) Richter

a) Verbreitung und Vorkommen:

Trisetum spicatum ist vor allem in den Zentralalpen vom Dauphiné bis nach Salzburg und Kärnten weit verbreitet und stellenweise auf frischen, basenreichen, meist kalkhaltigen Feinschuttböden in einer Höhe von etwa 2200 bis 3600 m recht häufig.

b) Soziologische Stellung:

Als namengebende Art des *Trisetetum spicati* stellt es eine gute Charakterart dieser Assoziation dar. Gelegentlich greift es auch in andere Gesellschaften des *Drabion hoppeanae* über, aber nur sehr selten in Gesellschaften anderer Verbände.

c) Die Bodenazidität: Abb. 44, S. 47

Obwohl von *Trisetum spicatum*-Standortsböden nur 30 pH-Messungen vorliegen, kommt das ökologische Optimum der Art bei basischer Reaktion des Bodens doch deutlich zum Ausdruck. Wie Abb. 44 zeigt, wurden Werte zwischen pH 7,4 und 8,6, am häufigsten Werte zwischen 7,6 und 8,0 gemessen.

E. Diskussion

Die Pflanzengesellschaften des Verbandes *Drabion hoppeanae* sind in ihrem Vorkommen auf Kalkschiefer-, im wesentlichen auf Kalkglimmerschieferschuttstandorte in der alpinen bis nivalen Stufe der Alpen beschränkt. Sowohl floristisch als auch ökologisch unterscheiden sie sich deutlich von den Gesellschaften des Verbandes *Androsacion alpinae* auf kalkfreien Silikatschuttstandorten und den Gesellschaften des Verbandes *Thlaspeion rotundifolii* auf Kalkschuttstandorten.

Die Charakterarten der *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften zeigen hinsichtlich der Bodenreaktion ihrer Standorte ein ökologisches Verhalten, das der für *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften als charakteristisch erkannten Ökologie entspricht. Wie in Abb. 14, S. 17 dargestellt wurde, konnte für *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften ein sehr deutliches ökologisches Optimum zwischen pH 7,4 und 8,4 festgestellt werden; es wurden jedoch auch Extremwerte bis pH 8,8 und 4,4 gemessen. Sämtliche im voranstehenden Teil dieser Arbeit behandelten Charakterarten dieses Verbandes zeigen ein ökologisches Optimum bei basischer Reaktion des Bodens. Einige dieser Charakterarten, wie *Braya alpina*, *Gentiana nana*, *Saxifraga biflora* und *Trisetum spicatum* wurden sogar ausschließlich bei pH-Werten über 7,0 gefunden; sie scheinen also in ihrem Vorkommen mehr oder weniger auf Feinschuttböden basischer Reaktion beschränkt zu sein. Andere Charakterarten wie *Artemisia genipi*, *Pedicularis asplenifolia*, *Salix serpyllifolia*, *Saxifraga rudolphiana*, *Sesleria ovata*, *Draba hoppeana* und *Campanula cenisia* wurden zwar vereinzelt auch in Böden schwach bis mäßig saurer Reaktion beobachtet, doch weitaus am häufigsten bei Werten etwa zwischen pH 7,5 und 8,5. Einige dieser Arten kommen auf sauren Böden nur in ausgesprochenen Kümmerexemplaren vor, so z. B. *Draba hoppeana* und *Campanula cenisia*.

Die Messungen der Standortsböden der Gesellschaften des Verbandes *Androsacion alpinae* auf kalkfreiem Silikatgestein ergaben am häufigsten Werte zwischen pH 4,2 und 5,4. In diesem pH-Bereich haben also die Silikatschuttgesellschaften ihr ökologisches Optimum. Entsprechende Optima konnten für einige Charakterarten dieses Verbandes, wie *Androsace alpina*, *Ranunculus glacialis* und *Saxifraga bryoides* festgestellt werden. Vereinzelt wurden diese Arten auch in Böden neutraler bis schwach basischer Reaktion angetroffen; hieraus läßt sich ihr gelegentliches Vorkommen in *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften erklären.

Die Böden von *Thlaspeion rotundifolii*-Standorten zeigten, ähnlich wie die Böden von *Drabion hoppeanae*-Standorten, weitaus am häufigsten basische Reaktion. Allerdings liegt das ökologische Optimum der Kalkschuttgesellschaften etwas niedriger (etwa zwischen pH 7,0 und 7,8) als das der Kalkschieferschuttgesellschaften (pH 7,4 bis 8,4). *Hutchinsia alpina*, die einzige hier näher untersuchte Charakterart der *Thlaspeion rotundifolii*-Gesellschaften zeigt ein ökologisches Optimum etwa zwischen pH 7,2 und 7,8; es entspricht also dem für diesen Verband gefundenen Optimum.

Für die *Thlaspeetea rotundifolii*-Klassencharakterarten *Campanula cochleariifolia*, *Cerastium uniflorum*, *Linaria alpina* und *Saxifraga oppositifolia* wurde hinsichtlich der Bodenreaktion ihrer Standorte ein doppeltes ökologisches Optimum gefunden. Als typische Steinschuttpflanzen wachsen diese Arten sowohl in Kalk- und Kalkschieferschuttböden als auch in kalkfreien Silikatschuttböden. Wenngleich z. B. *Linaria alpina* häufiger auf Böden neutraler bis basischer Reaktion als auf Böden saurer Reaktion zu finden ist, so zeigen diese Arten doch im Bereich etwa zwischen pH 4,0 und 8,5 kaum irgendwelche direkte Beziehungen zwischen der Reaktion ihrer Standortsböden und ihrem Vorkommen und Gedeihen. Das zweigipflige Optimum in ihrem ökologischen Verhalten kommt dadurch zustande, daß diese Arten in ihrem Vorkommen wohl aus Konkurrenzgründen auf Schuttstandorte beschränkt sind. Schuttböden mit einer Reaktion zwischen pH 5,5 und 6,5 sowie unter pH 4,0 sind recht selten. Das ökologische Optimum dieser Arten bei pH 4,0 bis 5,5 entspricht ihrem Vorkommen auf kalkfreiem Silikatgestein und das ökologische Optimum bei pH 6,5 bis 8,5 ihrem Vorkommen auf Kalk- und Kalkschieferschutt. Wenn bei der Behandlung dieser Arten im voranstehenden Kapitel die Optima im sauren Bereich jeweils wesentlich weniger deutlich ausgeprägt waren als die im basischen Bereich, so hat das seinen Grund darin, daß dem Thema dieser Arbeit entsprechend wesentlich häufiger Kalkschieferschuttstandorte untersucht wurden, als Standorte auf kalkfreiem Silikatgestein.

Bei Vergleichen zwischen dem ökologischen Verhalten verschiedener Pflanzen, d. h. ihrem mehr oder minder häufigem Auftreten bei bestimmten Standortsfaktoren, und dem physiologischen Verhalten derselben Pflanzenarten, d. h. „ihrer Reaktion in Reinkultur unter sonst gleichen Bedingungen“ (Ellenberg 1954) ergab sich für manche Arten gute Übereinstimmung; bei anderen kamen zwar die Optima in etwa im gleichen pH-Bereich zu liegen, die Variationsbreite war jedoch unterschiedlich und wiederum bei anderen Arten konnten deutliche Unterschiede im ökologischen und physiologischen Verhalten festgestellt werden.

Große Übereinstimmung im physiologischen und ökologischen Verhalten hinsichtlich der Reaktion ihres Substrates zeigten *Artemisia genipi* und *Arabis caerulea*. Sie sind also in der Natur dort am häufigsten zu finden, wo die Standortsböden einen pH-Wert aufweisen, bei dem die betreffende Art auch in Kultur am besten gedieh. Für *Braya alpina*, *Artemisia mutellina*, *Draba aizoides*, *Draba hoppeana* und *Hutchinsia brevicaulis* wurde ein deutliches ökologisches Optimum bei pH-Werten zwischen 7,5 und 8,5 gefunden. Die Kulturversuche mit diesen Arten ergaben, daß sie zwar bei basischer Reaktion der Nährlösung am besten gediehen, aber auch bei pH 6,0 und teilweise sogar bei pH 4,0 noch ein gutes Wachstum aufwiesen. In ihrem physiologischen Verhalten zeigten also diese Arten ein wesentlich breiteres Optimum, als in ihrem ökologischen Verhalten. Das Fehlen oder nur sporadische Vorkommen dieser Arten auf Böden schwach saurer Reaktion läßt sich damit erklären, daß Böden dieser Reaktion in der Hauptsache von Kalkrasengesellschaften besiedelt werden und diese

Arten hier von anderen, konkurrenzkräftigeren Arten verdrängt werden. Eine Erklärung dafür, warum zumindest *Draba aizoides*, *Draba hoppeana* und *Hutchinsia brevicaulis* nur sehr selten bei pH-Werten etwa zwischen 4,0 und 5,5 gefunden wurden, obwohl sie im Kulturversuch bei einer solchen Reaktion der Nährlösung durchaus noch gut gediehen, ergibt sich aus der Tatsache, daß die Nährlösungen auch bei pH 5,0 und 4,0 sämtliche notwendige Ionen in ausreichender Menge enthielten, ein natürlicher Boden dieser Reaktion dagegen meist arm vor allem an Alkali- und Erdalkalimetallionen ist. Da L u n d e g a r d h (1949) feststellen konnte, daß bei Anwesenheit von Calciumionen die Säureresistenz der Pflanzen steigt, kann diese Erklärung als bewiesen angesehen werden. Die vereinzelt gefundenen Funde von *Draba hoppeanae*, *Hutchinsia brevicaulis* u. a. bei mäßig saurer Reaktion des Bodens stammen jeweils von Standorten, die in unmittelbarer Nachbarschaft von Kalkglimmerschieferschuttböden liegen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese an sich kalkfreien Böden mäßig saurer Reaktion durch Flugstaub und oberflächlich fließendes Wasser ständig spurenweise Kalk zugeführt bekommen und somit auch in diesen Böden verhältnismäßig große Mengen von Calciumionen vorhanden sind, die das Vorkommen dieser Arten auch bei höherer Wasserstoffionenkonzentration ermöglichen.

Ein sehr deutlicher Unterschied im ökologischen und im physiologischen Verhalten konnte für *Arabis pumila* festgestellt werden. Ihr ökologisches Optimum liegt eindeutig bei basischer Reaktion des Bodens, bei pH-Werten etwa zwischen 7,2 und 8,2. Die Kulturversuche ergaben ein physiologisches Optimum um pH 6,0. Natürliche Standortsböden mit einem pH-Wert um 6,0 werden meist von Kalkrasengesellschaften besiedelt. *Arabis pumila* ist in diesen nicht konkurrenzfähig und weicht deshalb auf Schuttstandorte mit Böden höherer pH-Werte aus.

Das Zustandekommen von zweigipfligen Optima im ökologischen Verhalten, wie es für die *Thlaspeetea rotundifolii*-Klassencharakterarten geschildert wurde, konnte erklärt werden. Ein zweigipfliges Optimum im physiologischen Verhalten, wie es die Kulturversuche mit *Draba dubia* ergaben, zu deuten, ist mir jedoch nicht möglich, obwohl gewisse Parallelen zwischen dem ökologischen und dem physiologischen Verhalten der Art gefunden werden konnten. Ähnliche Ergebnisse bei Untersuchungen über das physiologische Verhalten von bestimmten Pflanzenarten fanden unter anderen H o p k i n s (1922), L u n d e g a r d h (1924), A r r h e n i u s (1926), Z l a t n i k (1928) und S e b a l d (1956). E l l e n b e r g (1958a) läßt die Frage offen, „ob zweigipflige Optimumskurven . . . als Wirkungen der Wasserstoffionenkonzentration anzusehen sind“.

Die Kulturversuche mit dem Ubiquisten *Silene nutans* wurden nur zu Vergleichszwecken durchgeführt. *Silene nutans* gedieh in allen pH-Stufen etwa gleich gut. Daraus ergibt sich, daß die bei den übrigen Arten beobachteten Wachstumsunterschiede artspezifisch sind.

Mit *Braya alpina*, *Draba dubia* und *Arabis caerulea* wurden Kontrollversuche bei einem pH-Wert von 4,0 durchgeführt, wobei die Nährlösung die gleiche Kaliumionenkonzentration enthielt wie die Nährlösung mit dem pH-Wert 8,0. Das Wachstum der Pflanzen im Kontrollversuch war in etwa dem Wachstum der Pflanzen bei pH 4,0 der normalen Nährlösung gleich und unterschied sich deutlich vom Wachstum der Pflanzen bei pH 8,0. Nach den Untersuchungen von Kretschmer, Toth und Bean (1953) und den Ergebnissen der oben erwähnten Kontrollversuche kann gesagt werden, daß die bei meinen Kulturversuchen aufgetretenen Wachstumsunterschiede auf die verschiedene Konzentration der Wasserstoffionen in der Nährlösung zurückzuführen sind.

Bei den meisten hier behandelten Arten konnte hinsichtlich der Reaktion des Substrates sowohl in ihrem ökologischen als auch in ihrem physiologischen Verhalten eine recht erhebliche Variationsbreite beobachtet werden. So wurde z. B. die im allgemeinen als „kalkstet“ oder „basiphil“ bezeichnete *Hutchinsia alpina* noch in Böden mit einem pH-Wert von 4,7 gefunden und gedieh im Kulturversuch selbst bei einem pH-Wert von 4,0 noch recht gut. Aus diesem und anderen Gründen wurden Bezeichnungen wie „kalkstet“, „kieselstet“, „basiphil“, „azidiphil“ etc. nach Möglichkeit vermieden. Auch wurden keine Mittelwerte und mittleren Fehler dieser Mittelwerte für die pH-Messungen von Standortsböden gebracht, da diese wenig sinnvoll erschienen, ebenso wie die Berechnung von pH-Variationskurven für einzelne Gesellschaften, wie Jenny (1926) sie bringt. Nach einer solchen Berechnung müßten z. B. in Böden, die vom *Drabo-Saxifragetum* besiedelt werden, mit der gleichen Wahrscheinlichkeit Werte von pH 6,0, wie Werte von pH 9,8 zu finden sein; die tatsächlich in *Drabo-Saxifragetum*-Standortsböden gefundenen Extremwerte liegen jedoch bei pH 4,8 und 8,8.

Die Untersuchungen von Standortsböden ergaben also reale Beziehungen zwischen dem pH-Wert des Bodens und dem Vorkommen bestimmter Pflanzenarten und Pflanzengesellschaften. Ebenso ergaben die Kulturversuche reale Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen dem pH-Wert der Nährlösung und dem Wachstum der Pflanzen. Eine kausale Erklärung dieser Zusammenhänge wurde in zahlreichen Arbeiten versucht (vergl. Bharcha und Satyanarayana 1954) und es ergaben sich dabei beinahe ebensoviele verschiedene Ergebnisse. Hier soll zu diesen Erklärungsversuchen kein weiterer hinzugefügt werden. Solch rein physiologische Probleme seien den Physiologen zur Lösung vorbehalten.

F. Zusammenfassung

1. In Teil II werden die Standortverhältnisse der *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften dargestellt. Neben der Höhenverbreitung, der Neigung und Exposition der Standorte, der Bodendurchfeuchtung, dem Humus- und Karbonatgehalt der Böden wird vor allem der Aziditätsgrad der Böden untersucht. Die *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften besiedeln vornehmlich Kalkglimmerschieferschuttstandorte, deren Böden eine schwach bis mäßig basische Reaktion zeigen.
2. Beim Vergleich der Ökologie der einzelnen Assoziationen zeigt sich, daß die Reaktion des Bodens kein differenzierender Faktor zwischen den einzelnen Assoziationen ist. Ihre Ökologie unterscheidet sich vielmehr durch verschieden starke Bodendurchfeuchtung, verschieden lange Schneebedeckung sowie unterschiedlichen Gehalt des Bodens an grusigem und sandigem Feinschutt.
3. Die Böden der *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften weisen im Durchschnitt höhere pH-Werte auf als die Böden der Kalkschuttgesellschaften des *Thlaspeion rotundifolii*. In diesen wurden am häufigsten Werte zwischen pH 7,0 und 7,8 gemessen, in jenen dagegen zwischen pH 7,4 und 8,4. In den Böden der Silikatschuttgesellschaften des *Androsacion alpinae* wurden erwartungsgemäß am häufigsten Werte zwischen pH 4,2 und 5,4 gefunden.
4. Nachdem in Teil I (Zollitsch 1966a) die Abtrennung der Gesellschaften auf Kalkschieferschutt als eigener Verband bzw. eigene Ordnung nach floristischen Gesichtspunkten vorgenommen worden war, konnte hier anhand der ökologischen Unterschiede die Berechtigung dieser Abgliederung weiter bestätigt werden.
5. An einer Reihe von *Drabion hoppeanae*-Arten wurde die Aziditätsabhängigkeit am Standort (ökologisch) und z. T. auch experimentell (physiologisch) untersucht. Hinsichtlich der Standortböden wurde ein ökologisches Optimum bei pH-Werten etwa zwischen 7,5 bis 8,5 gefunden; eine Anzahl von Arten zeigte im Versuch auch völlig übereinstimmend physiologisches Verhalten.
6. Die bei anderen Arten gefundenen Unterschiede zwischen ökologischem und physiologischem Verhalten werden vor allem mit der Ausschaltung des Konkurrenzfaktors im Kulturversuch erklärt. Jedoch dürfte auch die Armut natürlicher Sauerböden an Alkali- und Erdalkalimetallionen zu diesem unterschiedlichen Verhalten beitragen.

Literaturverzeichnis

- Aaltonen, V. T., 1925: Über den Aziditätsgrad (pH) des Waldbodens. Comm. Inst. Quest. Forest. Finnl., 9, Helsinki.
- Arnon, D. I., Fratzke, W. E. & Johnson, C. M., 1942: Hydrogen ion concentration in relation to absorption of inorganic nutrients by higher plants. Plant Physiology, 17, 4: 515—524.
- & Johnson, C. M., 1942: Influence of hydrogen ion concentration on the growth of higher plants under controlled conditions. Plant Physiology, 17, 4: 525—539.
- Arrhenius, O., 1926: Kalkfrage, Bodenreaktion und Pflanzenwachstum. Leipzig.
- Aslander, A., 1931: Studies on antagonism in acid nutrient solutions. Svensk Bot. Tidskr., 25: 77—107.
- Baumeister, W., 1952: Mineralstoffe und Pflanzenwachstum. Jena.
- Bharucha, F. R. & Saryanarayan, Y., 1954: The Problem of Caliculous Plants. Festschr. E. Aichinger, 1: 395—405, Sonderfolge Angew. Pfl.-Soz., Wien.
- Bornkamm, R., 1963: Erscheinungen der Konkurrenz zwischen höheren Pflanzen und ihre begriffliche Fassung. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftg. Rübel, 34: 83—107.
- Boysen-Jensen, P., 1949: Causal plant-geography. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Biol. Medd., 21, 3: 1—19.
- Bradley, D. B. & Sieling, D. H., 1953: Effekt of organic anions and sugars on phosphate precipitation by iron and aluminium as influenced by pH. Soil Science, 76: 175—179.
- Braun-Blanquet, G. & J., 1931: Recherches Phytogéographiques sur le Massif du Gross Glockner (Hohe Tauern). S. I. G. M. A. Montpellier, Comm. No. 13.
- Braun-Blanquet, J., 1913: Die Vegetationsverhältnisse der Schneestufe in den Rätisch-Lepontischen Alpen. Neue Denkschr. Schweiz. Naturforsch. Ges., 48.
- & Jenny, H., 1926: Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. Denkschr. Schweiz. Naturforsch. Ges., 63, 2: 183—349.
- 1948—1950: Übersicht der Pflanzengesellschaften Rätiens I—VI. Vegetatio, I: 29—41, 129—146, 285—316; II: 20—37, 214—237.
- 1964: Pflanzensoziologie. 3. Aufl., Wien—New York.
- Brenner, W., 1931: Über das Verhalten einiger nordischer Pflanzen zur Bodenreaktion. Svensk Bot. Tidskr., 25, 2: 147—173.
- Cajander, A. K., 1925: Der gegenseitige Kampf in der Pflanzenwelt. Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich, 3: 665—675.
- Düggeli, M., 1925: Studien über die Bakterienflora alpiner Böden. Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich, 3, Festschr. Carl Schröter: 204—224.
- Eggler, J., 1949: Pflanzenwelt und Bodensäure. Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark, 77/78 : 21—60.
- Ehrenberg, P., 1920: Das Kalk-Kali-Gesetz. Landwirtsch. Jahrb., 54 : 1—159.
- Ellenberg, H., 1950: Kausale Pflanzensoziologie auf physiologischer Grundlage. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 63 : 24—31.
- 1952: Physiologisches und ökologisches Verhalten derselben Pflanzenarten. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 65 : 350—361.
- 1953: Über einige Fortschritte der kausalen Vegetationskunde. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 66 : 24—25.
- 1954: Über einige Fortschritte der kausalen Vegetationskunde. Vegetatio, 5-6 : 199—211.

- 1957: Neuere Forschungsrichtungen in der Vegetationskunde. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 70 : 51—56.
 - 1958a: Bodenreaktion (einschließlich Kalkfrage). Handb. d. Pflanzenphysiol., IV : 638—708.
 - 1958b: Über die Beziehungen zwischen Pflanzengesellschaft, Standort, Bodenprofil und Bodentyp. Angew. Pflanzensoz. Stolzenau, 15 : 14—21.
 - 1963: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 4, 2 der Einführung in die Phytologie von H. Walter, Stuttgart.
- Ernst, W., 1965: Ökologisch-Soziologische Untersuchungen der Schwermetall-Pflanzengesellschaften Mitteleuropas unter Einschluß der Alpen. Abh. Landesmus. Naturk. Münster i. Westfalen, 27, 1 : 1—54.
- Fehér, D., 1930: Untersuchungen über die zeitliche Änderung der Azidität und des Humusgehaltes des Waldbodens. Wiss. Arch. f. Landwirtsch., Arch. f. Pflanzenbau, 4 : 74—87.
- 1932: Untersuchungen über die jahreszeitliche Änderung der Bodenazidität. Wiss. Arch. f. Landwirtsch., Arch. f. Pflanzenbau, 9 : 172—196.
- Friedel, H., 1934: Boden- und Vegetationsentwicklung am Pasterzenufer. Carinthia II, 123/124 (43/44) : 29—41.
- 1956: Die Alpine Vegetation des obersten Mölltales (Hohe Tauern). Wissensch. A. V.-hefte, 16.
- Fries, T. C. E., 1925: Über primäre und sekundäre Standortbedingungen. Svensk Bot. Tidskr., 19, 1 : 49—69.
- Furlani, J., 1930: Studien über Elektrolytkonzentration in Böden. IV. Gebirgsböden oberhalb der Waldregion. Öster. Bot. Zeitschr., 79 : 204—230.
- Gams, H., 1936: Die Vegetation des Großglocknergebietes. Abh. Zoo. Bot. Ges. Wien., 16, 2.
- Geiger, R., 1961: Das Klima der bodennahen Luftschicht. 4. Aufl., Die Wissenschaft Bd. 78, Braunschweig.
- Gilli, A., 1934: Die Ursachen des Reliktcharakters von *Wulfenia carinthiaca*. Engler's Bot. Jahrb., 66 : 71—90.
- Guest, P. L. & Chapman, H. D., 1944: Some effects of pH on growth of *citrus* in sand and solutions cultures. Soil. Science, 58 : 455—465.
- Guyot, H., 1920: Le Valsorey, Esquisse de botanique géographique et écologique. Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz, 8.
- Hackel, E., 1868: Die Vegetationsverhältnisse von Mallnitz in Kärnten. Verh. Zoo. Bot. Ges. Wien, 18 : 931—946.
- Hegi, G., 1908—1963: Illustrierte Flora von Mitteleuropa. I—VII, 1. u. 2. Aufl., München.
- 1963: Alpenflora. 18. Aufl., herausgeg. von H. Merxmüller, München.
- Hoagland, D. R. & Davis, A. R., 1929: The intake and accumulation of electrolytes by plant cells. Protoplasma, 6 : 610—626.
- Hopkins, E. F., 1922: Hydrogen-ion concentration in its relation to wheat scrub. Americ. Jour. Bot., 9 : 159—179.
- Janchen, E., 1956—1966: Catalogus Florae Austriae. Wien.
- Jenny, H., 1925: Reaktionsstudien an schweizerischen Böden. Landwirtschaftl. Jahrb. d. Schweiz 1925 : 161—186.
- 1926: siehe Braun-Blanquet, J. & Jenny, H., 1926.

- Jenny-Lips, H., 1930: Vegetationsbedingungen und Pflanzengesellschaften auf Felsschutt. Beih. Bot. Centralbl., 46 : 119—296.
- Kaczmarek, A., 1929: Untersuchungen über Plasmolyse und Deplasmolyse in Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration. Protoplasma, 6 : 209—301.
- Kerner, A., 1863: Über das sporadische Vorkommen sogenannter Schieferpflanzen im Kalkgebirge und insbesondere über die Auffindung zweier für die österreichische Flora neuer sonst nur im Schiefergebirge beobachteten Gewächse im Bereiche des Dachsteingebirges. Verh. k.k. Zoo. Bot. Ges. Wien, 13 : 245—256.
- Keyssner, E., 1931: Der Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration in der Nährlösung auf die Reaktion in der Pflanze. Planta, 12 : 575—587.
- Knapp, R. & Linskens, H. F., 1952: Experimentelle Untersuchungen über die gegenseitige Beeinflussung von Gräsern und Kleearten des Weidelgras-Weißklee-Rasens. Biolog. Zentralbl., 71 : 561—585.
- 1953: Über die natürliche Verbreitung von *Arnica montana* L. und ihre Entwicklungsmöglichkeiten auf verschiedenen Böden. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 66 : 168—179.
- Kretschmer, A. E., Toth, S. J. & Bean, F. E., 1953: Effect of chloride versus sulfate ions nutrient absorption by plants. Soil Science, 76 : 193—199.
- Kubiena, W. L., 1948: Entwicklungslehre des Bodens. Wien.
- Laatsch, W., 1957: Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden. Dresden und Leipzig.
- Lippert, W., 1966: Die Pflanzengesellschaften des Naturschutzgebietes Berchtesgaden. Ber. Bayer. Bot. Ges., 39 : 67—122.
- Losch, I., 1944: Alpenpflanzen und Gesteinsunterlagen in den Bayrischen Alpen. Diss. Nat. Wiss. Fak. Uni. München.
- Lötschert, W., 1952: Vegetation und pH-Faktor auf kleinstem Raum in Kiefern- und Buchenwäldern auf Kalksand, Löß und Granit. Biol. Zentralbl., 71 : 327—348.
- Lüdi, W., 1928: Beitrag zu den Beziehungen zwischen Vegetation und Zustand des Bodens im westlichen Berner Oberland. Ber. Schweiz. Bot. Ges., 37 : 15—43.
- 1941: Untersuchungen über die jahreszeitliche Schwankung der Bodenazidität. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel Zürich, f. d. J. 1940 : 31—51.
- Lundegårdh, H., 1924: Über die Interferenzwirkung von Wasserstoffionen und Neutralsalzungen auf Keimung und Wachstum des Weizens. Biochem. Zeitschr., 149 : 207—215.
- 1949: Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Jena.
- Luzzatto, G., 1935: Erste Untersuchungen über die Verbreitung und die Vitalität einiger Alpenpflanzen in ihrer Beziehung zur Bodenazidität. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel Zürich f. d. J. 1934 : 63—67.
- Melchers, G., 1932: Untersuchungen über Kalk- und Urgebirgspflanzen, besonders über *Hutchinsia alpina* (L.) R. Br. und *H. brevicaulis* Hoppe. Österr. Bot. Zeitschr., 81 : 81—107.
- Merxmüller, H., 1950: Untersuchungen über eine alpine *Cerastium*-Gruppe. Ber. Bayer. Bot. Ges., 28 : 219—238.
- 1952—1954: Untersuchungen zur Sippengliederung und Arealbildung in den Alpen. Jahrb. Ver. Schutze Alpenpfl. u. -tiere, 17 : 96—133; 18 : 135—158; 19 : 97—139.
- 1963: G. Hegi, Alpenflora. 18. Aufl., München.
- 1965: Neue Übersicht der im rechtsrheinischen Bayern einheimischen Farne und Blütenpflanzen I. Ber. Bayer. Bot. Ges., 37 : 93—115.

- Mevius, W., 1921: Beiträge zur Physiologie „kalkfeindlicher Gewächse“. *Jahrb. Wiss. Bot.*, 60 : 147—183.
- 1924: Wasserstoffionenkonzentration und Permeabilität bei „kalkfeindlichen“ Gewächsen. *Zeitschr. f. Bot.*, 16 : 641—677.
 - 1927a: Reaktion des Bodens und Pflanzenwachstum. *Naturwiss. u. Landwirtsch.*, 11.
 - 1927b: Kalzium-Ion und Wurzelwachstum. *Jahrb. Wiss. Bot.*, 66 : 183—253.
- Nägeli, C., 1866: Über die Bedingungen des Vorkommens von Arten und Varietäten innerhalb ihres Verbreitungsbezirks. *Bot. Mitt. München*, II : 159—187.
- Oberdorfer, E., 1950: Beitrag zur Vegetationskunde des Allgäu. *Beitr. Naturk. Forsch. SW-Deutschl.*, 9 : 29—98.
- 1957: Süddeutsche Pflanzengesellschaften. *Pflanzensoziologie*, Bd. 10, Jena.
 - 1959: Borstgras- und Krummseggenrasen in den Alpen. *Beitr. Naturk. Forsch. SW-Deutschl.*, 43, Max-Auerbach-Festschrift : 117—143.
 - 1962: Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland und die angrenzenden Gebiete. 2. Aufl., Stuttgart.
- Olsen, C., 1923: Studies on the hydrogen ion concentration of the soil and its significance to the vegetation, especially to the natural distribution of plants. *Compt. Rend. Trav. Labor. Carlsberg*, 15, 1 : 1—166.
- Patscheke, G., 1951: Über den pH-Wert karbonathaltiger Böden. *Zeitschr. f. Pflanzenernähr., Düngung und Bodenk.*, 54, 3 : 193—200.
- Paul, H., 1906: Zur Kalkfeindlichkeitsfrage der Torfmoose. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 24 : 148—154.
- Rorison, I. H., 1960a: Some experimental aspects of the calcicole-calcifuge problem. I. The effects of competition and mineral nutrition upon seedling growth in the field. *J. Ecol.*, 48 : 585—599.
- 1960b: The calcicole-calcifuge problem. II. The effects of mineral nutrition on seedling growth in solution culture. *J. Ecol.*, 48 : 679—688.
- Sallinger, H. & Hwang, Y., 1938: Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Stickstoffumsetzung und Aziditätsänderung in humosen Böden. *Bodenk. u. Pflanzenernähr.*, 11 (56), 1/2 : 1—31.
- Schönhar, S., 1952: Untersuchungen über die Korrelation zwischen der floristischen Zusammensetzung der Bodenvegetation und der Bodenazidität sowie anderen chemischen Bodenfaktoren. *Mitt. Ver. Forstl. Standortkart.*, 2.
- Schroeter, C., 1926: Das Pflanzenleben der Alpen. 2. Aufl., Zürich.
- Schuhmann, K., 1930: Die Phosphorsäure- und Kaliumaufnahme verschiedener Pflanzen aus lufttrockenen und erhitzten Böden mit verschiedener Azidität untersucht nach der Keimpflanzenmethode nach Neubauer. *Zeitschr. f. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk.*, A. 15 : 65—94.
- Sebald, O., 1956: Über Wachstum und Mineralstoffgehalt von Waldpflanzen in Wasser- und Sandkulturen bei abgestufter Azidität. *Mitt. Württ. Forstl. Versuchsanst.*, 13, 1 : 1—83.
- Seemann, F., 1950: Zur cH-Abhängigkeit der Wasserpermeabilität des Protoplasmas. *Protoplasma*, 39 : 147—175.
- Söyrinki, N., 1954: Vermehrungsökologische Studien in der Pflanzenwelt der Bayrischen Alpen. I. *Ann. Bot. Soc. Zoo. Bot. Fennicae „Vanamo“*, 27, 1.

- Stur, D., 1855: Beitrag zur Kenntnis der Flora des Lungaus. Österr. Bot. Wochenbl., 5 : 73—75, 83—84, 91—94, 97—99, 108—109, 117—118, 124—125, 133—135, 139—141, 146—148.
- 1856: Über den Einfluß des Bodens auf die Verteilung der Pflanzen. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, 20.
- Trénel, M. & Alten, F., 1934: Die physiologische Bedeutung der mineralischen Bodenazidität. Angew. Chemie, 47 : 813—820.
- Vierhapper, F., 1921—1922: Die Kalkschieferflora in den Ostalpen. Österr. Bot. Zeitschr., 70 : 261—293; 71 : 30—45.
- 1935: Vegetation und Flora des Lungau (Salzburg). Abh. Zoo. Bot. Ges. Wien, 16, 1.
- Vogler, P., 1901: 8. Beobachtungen über die Bodenstetigkeit der Arten im Gebiet des Albulapasses. Ber. Schweiz. Bot. Ges., 11 : 63—89.
- Wahnschaffe, F. & Schucht, F., 1924: Anleitung zur wissenschaftlichen Bodenuntersuchung. 4. Aufl., Berlin.
- Walter, H. & E., 1953: Einige allgemeine Ergebnisse unserer Forschungsreise nach Südwestafrika 1952/53: Das Gesetz der relativen Standortskonstanz; das Wesen der Pflanzengemeinschaften. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 66 : 228—236.
- Wendelberger, G., 1953: Über einige hochalpine Pioniergesellschaften aus der Glockner- und Muntanitzgruppe in den Hohen Tauern. Verh. Zoo. Bot. Ges. Wien, 93 : 100—109.
- 1954: Zur Vergesellschaftung einiger Nunataker-*Taraxaca* aus Osttirol (Österreich). Vegetatio, 5/6 : 247—256.
- Wiegner, G. & Jenny, H., 1926: Anleitung zum quantitativen agrikulturchemischen Praktikum. Berlin.
- Wikus, E., 1958—1961: Die Vegetation der Lienzer Dolomiten (Osttirol). Arch. Bot. Biogeograph. Italiano, 34, 4. ser., III, 3 : 157—184; 35, 4. ser., IV, 1—2 : 17—39; 4 : 201—255; 36, 4. ser., V, 3 : 137—158; 4 : 211—231; 37, 4. ser., VI, 1—2 : 13—35; 3 : 87—131.
- Zlatnik, A., 1928: Études écologiques et sociologiques sur la *Sesleria coerulea* et le *Seslerion calcariae* en Tschécoslovaquie. Trav. Soc. Roy. Sci. Bohême, Cl. Sci., N. S. 8 : 1—116.
- Zollitsch, B., 1966a: Soziologische und ökologische Untersuchungen auf Kalkschiefern in hochalpinen Gebieten. Teil I.: Die Steinschuttgesellschaften der Alpen unter besonderer Berücksichtigung der Gesellschaften auf Kalkschiefern in den mittleren und östlichen Zentralalpen. Beil. Diss. Nat. Wiss. Fak. Uni. München.
- 1966b: Soziologische und ökologische Untersuchungen auf Kalkschiefern in hochalpinen Gebieten. Teil II.: Die Ökologie der alpinen Kalkschieferschuttgesellschaften. Diss. Nat. Wiss. Fak. Uni. München.
- im Druck: Soziologische und ökologische Untersuchungen auf Kalkschiefern in hochalpinen Gebieten. Teil I.: Die Steinschuttgesellschaften der Alpen unter besonderer Berücksichtigung der Gesellschaften auf Kalkschiefern in den mittleren und östlichen Zentralalpen. Ber. Bayer. Bot. Ges., 40.
- Zollitsch, L., 1927: Zur Frage der Bodenstetigkeit alpiner Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung des Aziditäts- und Konkurrenzfaktors. Flora, 122 (NF 22) : 93—158.
- Zöttl, H., 1950: Die Vegetationsentwicklung auf Felsschutt in der alpinen und subalpinen Stufe des Wettersteingebirges. Diss. Nat. Wiss. Fak. Uni. München.
- 1951: Die Vegetationsentwicklung auf Felsschutt in der alpinen und subalpinen Stufe des Wettersteingebirges. Jahrb. Ver. Schutze Alpenpfl. u. -tiere, 16 : 10—74.
- 1952: Beitrag zur Ökologie alpiner Kalkschuttstandorte. Phytion, 4, 1—3 : 160—175.
- & Wehrmann, J., 1961/62: Anleitung für das Bodenkundliche Praktikum. Hektographierte Blätter, München WS 1961/62.

Lebenslauf

Als Sohn des Studienrates Dr. Ludwig Zollitsch und seiner Ehefrau Theresa geb. Heufemann wurde ich, Bertram Zollitsch, am 17. Juni 1938 in Bad Tölz (Obb.) geboren.

Dort besuchte ich von 1944 bis 1948 die Volksschule und von 1948 bis 1957 die Städtische Oberrealschule, an der ich im Juni 1957 die Reifeprüfung ablegte.

Im Wintersemester 1957/58 immatrikulierte ich mich an der Ludwig-Maximilians-Universität München und begann mit dem Studium der Biologie, Chemie und Geographie. Bis zum Wintersemester 1962/63 war ich ordentlicher Studierender. Am Institut für Systematische Botanik der Universität München begann ich im Februar 1961 unter Anleitung von Prof. Dr. H. Merxmüller mit der vorliegenden Arbeit. Im Herbst 1964 legte ich die erste Teilprüfung (Biologie, Chemie), im Herbst 1965 die zweite Teilprüfung (Geographie) für das Lehramt an Gymnasien in Bayern ab.

